



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็น
Robot Control System for Assembling Outer Cabinets
in Refrigerator Production Line

นางสาวธีรพัชร ศิวาลัย

หลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติ

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา	ระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็น		
ชื่อ - สกุล นักศึกษา	นางสาวธีรพัชร ศิวิลัย	รหัสนักศึกษา	59010663
หลักสูตร	วิศวกรรมอัตโนมัติ		
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์		
ชื่อ - สกุล อาจารย์นิเทศ	รศ.ดร. ธีรวัฒน์ เทพมณี		
	รศ. ประภาช อุคคกิมมาพันธ์		
ชื่อ - สกุล ผู้นิเทศงาน	คุณ คมกฤษ ทิพย์เกษร		
สถานประกอบการ	บริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด		

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอระบบควบคุมหุ่นยนต์ประเภท 6 แกน รุ่น KUKA 20-3 เพื่อปรับปรุงการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็นให้เป็นระบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบ โดยเปลี่ยนขั้นตอนการปิดช่องว่างระหว่างมุมทั้ง 4 ของโครงเหล็กภายนอกซึ่งอยู่ระหว่าง 2 สายพานที่อยู่ติดกันจากการใช้ผู้ปฏิบัติงานเป็นการใช้หุ่นยนต์เพื่อลดความผิดพลาดของคน ในการปิดช่องว่างระหว่างมุมทั้ง 4 เป็นการป้องกันการรั่วไหลของฉนวนป้องกันความเย็นระหว่างโครงเหล็กภายนอกและผนังตู้ด้านใน การสร้างโปรแกรมควบคุมเพื่อประสานการทำงานระหว่างหุ่นยนต์และกริปเปอร์ใช้ซอฟต์แวร์ WorkVisual 4.0 และใช้ซอฟต์แวร์ LabVIEW ในการสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้ เพื่อแสดงสถานะ ลำดับการทำงานของหุ่นยนต์และกริปเปอร์ รวมถึงข้อมูลโมเดลของโครงเหล็กภายนอกระหว่างขั้นตอนการปิดช่องว่างระหว่างมุม โดยกริปเปอร์แบบสูญญากาศประกอบด้วยโมดูลหยิบชิ้นงาน 2 คู่ที่ทำงานอิสระต่อกันสำหรับการหยิบและวางชิ้นงานสามเหลี่ยมซึ่งทำมาจากอีพีอี-โพลีที่ประกบติดกับฟองน้ำ นอกจากนี้ ยังสามารถปรับระยะห่างระหว่างโมดูลหยิบชิ้นงานทั้ง 2 คู่ ตามโมเดลของโครงเหล็กภายนอกโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์อีกด้วย การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของเซอร์โวมอเตอร์ใช้ซอฟต์แวร์ Festo Configuration Tool (FCT) จากผลการทดลองยืนยันได้ว่า ระบบควบคุมหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานตามฟังก์ชันต่าง ๆ ได้อย่างต่อเนื่องตามความต้องการของผู้ใช้

คำสำคัญ : ระบบควบคุม, หุ่นยนต์, กริปเปอร์, โปรแกรม LabVIEW, สายการผลิตตู้เย็น, โครงเหล็กภายนอก

Cooperative Project Title	Robot Control System for Assembling Outer Cabinets in Refrigerator Production Line		
Student Intern Name	Miss. Threelaphat Sivilai	Student ID	59010663
Department	Automation engineering		
Faculty	Engineering		
Advisor Names	Assoc.Prof.Dr. Teerawat Thepmanee Assoc.Prof. Prapart Ukakipaparn		
Mentor Name	Mr. Komkrit Thipgesorn		
Company	Thai Samsung Electronics Co., Ltd.		

ABSTRACT

In order to improve refrigerator outer cabinet assembly to be fully automated, a control system for 6-axis robot modeled KUKA 20-3 is proposed in this project. Manual procedures to close four corner seam gaps of two successive outer cabinets between two conveyors are replaced by automatic operations for minimizing human errors, which are leading causes of leakage during insulation injection between the outer cabinet and the inner liner. The control program to enable coordinated operations between the robot and the gripper is created by WorkVisual 4.0. The user interface for displaying the sequentially operational statuses of the robot and gripper as well as the specified model of outer cabinet in running process is implemented by LabVIEW. The vacuum gripper consists of two independently actuated pairs of grasping modules for pick-and-place operations for four triangle-shaped items to close the corner seam gaps, and each item is a piece of EPE foam attached with sponge. In addition, the distance between two grasping modules of each pair can be also adjusted by using servo motor in according to the specified cabinet model. The parameters of gripper servo motor can be set by employing Festo Configuration Tool (FCT). Experimental results confirm that the proposed robot control system can provide repeated functions in accordance with the user's requirements.

Keywords : Control System , Robot , Gripper , LabVIEW Program , Production Line , Outer Cabinet

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จาก บริษัท ไทยซัมซุงอิเล็กทรอนิกส์ จำกัด ที่ให้โอกาสสำหรับโครงการสหกิจ ประสบการณ์การทำงานและการใช้ชีวิต ตลอดระยะเวลา 6 เดือน

ขอขอบคุณ คุณวีระพงษ์ แก้ววงษ์บน ผู้จัดการแผนกบุคคล ซึ่งเปิดโอกาสในการหาประสบการณ์ในการทำงาน บริษัท ไทยซัมซุงอิเล็กทรอนิกส์ จำกัด และให้คำปรึกษา คำแนะนำเกี่ยวกับการทำงาน

ขอขอบคุณ คุณคมกฤษ ทิพย์เกษร ผู้นิเทศงาน ผู้คอยกำกับดูแล ชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหา และควบคุมงานให้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณ คุณวีรภัทร นามวงษ์ พี่เลี้ยงผู้ดูแลการทำโครงการ การสอนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ประสบการณ์การทำงาน การใช้ชีวิต ช่วยเหลือและควบคุมงานให้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณ รศ.ดร.ธีรวัฒน์ เทพมณี และ รศ. ประภาส อุดคคิมาพันธุ์ ที่ให้คำแนะนำและคอยดูแลนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ในโครงการสหกิจศึกษา สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ

ขอขอบคุณ รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์ และคณาจารย์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและปรับแก้ไข รายงานฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

นางสาวธีรพัชร ศิวาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 กล่าวนำ.....	4
2.2 สายการผลิตตู้เย็น	4
2.2.1 หลักการทำงานของตู้เย็น	4
2.2.2 เทคโนโลยีการผลิตตู้เย็น	7
2.3 หลักการพื้นฐานของหุ่นยนต์	8
2.3.1 หุ่นยนต์ที่ใช้ในโครงการ.....	8
2.3.2 องค์ประกอบระบบควบคุมหุ่นยนต์	10
2.3.3 ลำดับขั้นความเป็นอิสระและการบังคับ	17
2.4 ตำแหน่งและการกำหนดทิศทางของวัตถุแข็งแรง	18
2.4.1 การอธิบายตำแหน่ง	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4.2 การอธิบายการกำหนดทิศทาง.....	20
2.5 ทฤษฎีจลนศาสตร์ของหุ่นยนต์	26
2.5.1 จลนศาสตร์แบบผันตรง (Forward Kinematics).....	26
2.5.2 จลนศาสตร์แบบผกผัน (Inverse Kinematics).....	27
2.6 ระบบพิกัดจุดของหุ่นยนต์	30
2.6.1 ระบบพิกัดจุดแบบ Joint Coordinate	30
2.6.2 ระบบพิกัดจุดแบบ Base Coordinate	31
2.6.3 ระบบพิกัดจุดแบบ Tool Coordinate	33
2.7 โปรแกรม LabVIEW.....	34
2.7.1 ส่วนประกอบของ LabVIEW	34
2.7.2 ประเภทของข้อมูล	39
2.8 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)	40
2.8.1 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์	41
2.8.2 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์.....	42
2.8.3 องค์ประกอบในการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	43
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	45
3.1 กล่าวนำ.....	45
3.2 ระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็น.....	45
3.3 การวางแผนการดำเนินงาน	46
3.4 การศึกษาการทำงานในสายการผลิตและพื้นที่ติดตั้ง	46
3.5 การออกแบบโครงสร้างและชิ้นส่วนทางกล	48
3.5.1 การออกแบบกริปเปอร์	48

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.5.2 การเลือกใช้หุ่นยนต์ KUKA KR 20 – 3 R1611.....	49
3.5.3 โครงสร้างฐานวางหุ่นยนต์	50
3.5.4 ตู้ควบคุมไฟฟ้า	50
3.6 การเขียนโปรแกรมควบคุมและส่วนติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้.....	51
3.6.1 การควบคุมหุ่นยนต์ด้วยซอฟต์แวร์ WorkVisual 4.0	51
3.6.2 การติดต่อกับผู้ใช้โดยใช้ซอฟต์แวร์ LabVIEW	53
3.6.3 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยซอฟต์แวร์ FCT	54
3.7 ข้อมูลในระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็น	57
บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงการ.....	58
4.1 โครงสร้างและระบบกลไก	58
4.2 ตัวชี้วัดผลการทดลอง	59
4.3 ผลการทดสอบการใช้งาน.....	60
4.3.1 ผลการทดสอบรอบแรกและหาค่าชดเชยที่เหมาะสม	60
4.3.2 ผลการทดสอบที่ค่าชดเชยที่เหมาะสม	65
4.3.3 ผลการทดสอบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน	70
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....	73
5.1 บทสรุป.....	73
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	73
5.3 ข้อเสนอแนะ	73
เอกสารอ้างอิง.....	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินของโครงการ	3
4.1 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานเพื่อหาค่าชดเชยที่โมเดลมีความกว้างขนาด 600 มิลลิเมตร	60
4.2 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานเพื่อหาค่าชดเชยที่โมเดลมีความกว้างขนาด 609 มิลลิเมตร	61
4.3 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานเพื่อหาค่าชดเชยที่โมเดลมีความกว้างขนาด 615 มิลลิเมตร	62
4.4 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานเพื่อหาค่าชดเชยที่โมเดลมีความกว้างขนาด 628 มิลลิเมตร	63
4.5 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานเพื่อหาค่าชดเชยที่โมเดลมีความกว้างขนาด 700 มิลลิเมตร	64
4.6 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานที่ค่าชดเชยที่เหมาะสมที่โมเดลมีความกว้างขนาด 600 มิลลิเมตร	65
4.7 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานที่ค่าชดเชยที่เหมาะสมที่โมเดลมีความกว้างขนาด 609 มิลลิเมตร	66
4.8 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานที่ค่าชดเชยที่เหมาะสมที่โมเดลมีความกว้างขนาด 615 มิลลิเมตร	67
4.9 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานที่ค่าชดเชยที่เหมาะสมที่โมเดลมีความกว้างขนาด 628 มิลลิเมตร	68
4.10 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานที่ค่าชดเชยที่เหมาะสมที่โมเดลมีความกว้างขนาด 700 มิลลิเมตร	69

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบทั่วไปของตู้เย็น (เฉพาะบางรุ่น)	6
2.2 ภาพรวมระบบการผลิตตู้เย็น	7
2.3 หุ่นยนต์ประเภท Articulated Robot.....	9
2.4 การแสดงแกนทั้ง 6 แกนของหุ่นยนต์	9
2.5 องค์ประกอบระบบควบคุมหุ่นยนต์.....	11
2.6 ด้านหน้า Pendent.....	12
2.7 ด้านหลัง Pendent	13
2.8 หน้าจอ KUKA smartHMI	14
2.9 ส่วนประกอบโปรแกรม WorkVisual 4.0.....	16
2.10 ชนิดของการเคลื่อนที่	17
2.11 รอยต่อ 1 ลำดับชั้นความเป็นอิสระและ 2 อันดับความเป็นอิสระ	17
2.12 ภาพแสดงเฟรมอ้างอิงคงที่และเฟรมเคลื่อนที่ไหว	19
2.13 รูปแบบมูมอยเลอร์โดยใช้การหมุนในลำดับ ZYZ	23
2.14 การหมุนกล่องรอบแนวแกน Z และรอบแนวแกน Y ตามลำดับ	25
2.15 การหมุนกล่องรอบแนวแกน Y และรอบแนวแกน Z ตามลำดับ	25
2.16 จลนศาสตร์ผืนตรงและจลนศาสตร์ผกผัน	26
2.17 แผนภาพของแขนกล 3 แกน 3 ก้านต่อ (link) ที่เคลื่อนที่ในระนาบ XY.....	27
2.18 ภาพฉายของแขนกลเมื่อมองด้านบน (Top view) ในระนาบ XY	28
2.19 แผนภาพของแขนกล 4 แกน 4 ก้านต่อที่เคลื่อนที่ในระนาบ XYZ.....	28
2.20 ระบบพิกัดจุดแบบ Joint Coordinate	30
2.21 รูปแบบระบบพิกัดจุดแบบ Joint Coordinate	31
2.22 ระบบพิกัดจุดแบบ Base Coordinate.....	32
2.23 รูปแบบระบบพิกัดจุดแบบ Base Coordinate.....	32
2.24 ระบบพิกัดจุดแบบ Tool Coordinate.....	33
2. 25 รูปแบบระบบพิกัดจุดแบบ Tool Coordinate	34
2.26 หน้าต่างเริ่มต้นการตั้งค่า.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.27 หน้าต่าง Front Panel ของโปรแกรม.....	36
2.28 ส่วนประกอบ Front Panel.....	37
2.29 หน้าต่าง Block Diagram ของโปรแกรม.....	38
2.30 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)	40
2.31 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์.....	41
2.32 แผนภูมิแสดงวัสดุที่นำมาสร้างแม่เหล็กถาวร.....	42
2.33 โครงสร้างและการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์.....	43
2.34 คอนโทรลเลอร์ของเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงาน.....	43
2.35 เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงาน.....	44
3.1 โครงสร้างระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็น.....	45
3.2 ความกว้างของแต่ละโมเดล.....	46
3.3 ความกว้างของช่องใส่ชิ้นงานของแต่ละโมเดล.....	47
3.4 ระยะห่างระหว่างโครงเหล็กด้านนอกที่เป็นโมเดลเดียวกันในแต่ละโมเดล.....	47
3.5 รูปแบบและขนาดของชิ้นงานสามเหลี่ยม.....	47
3.6 กริปเปอร์หยิบและใส่ชิ้นงานที่โครงเหล็กด้านนอกของตู้เย็น.....	48
3.7 ข้อมูลประกอบการเลือกใช้หุ่นยนต์ KR 20-3 R1611.....	49
3.8 Layout หุ่นยนต์ใส่ชิ้นงานที่มุมฝาคู่เย็น.....	49
3.9 ตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อย.....	50
3.10 ตู้ควบคุมไฟฟ้าหลัก.....	50
3.11 โปรแกรมส่วนของการควบคุม.....	51
3.12 โปรแกรมส่วนของการเคลื่อนที่.....	52
3.13 โปรแกรมส่วนการติดต่อกับผู้ใช้.....	53
3.14 การตั้งค่าส่วนประกอบต่าง ๆ ของเซอร์โวมอเตอร์.....	54
3.15 การตั้งค่าการเคลื่อนที่ที่ตำแหน่ง Home.....	55
3.16 การตั้งค่า Digital I/O ของเซอร์โวมอเตอร์.....	55
3.17 ตารางบันทึกค่าการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.18 การติดต่อเซิร์ฟเวอร์โดยการเรียกใช้โมเดลจากหุ่นยนต์	56
3.19 ข้อมูลภายในระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตผู้เย็น	57
4.1 โครงสร้างหุ่นยนต์ใส่ชิ้นงานที่ม้วนผนังด้านนอกของผู้เย็น	58
4.2 กลไกการทำงานของหุ่นยนต์	58
4.3 ระยะเวลาใส่ชิ้นงานที่ตรวจในการทดลอง	59
4.4 ระยะเวลาที่เข้าถึงมุมของชิ้นงาน	59
4.5 หน้า Main Interface	70
4.6 หน้าต่าง Setting	71
4.7 หน้าต่างเพิ่ม ลบ เปลี่ยนชื่อโมเดลต่าง ๆ	71
4.8 หน้าต่างตั้งค่า IP การเชื่อมต่อ	72



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม การผลิตต้องมีความรวดเร็ว ทำการผลิตแข่งขันกับเวลาทำให้คนไม่สามารถงานได้เป็นเวลานานและต่อเนื่อง อีกทั้งมีความเหนื่อยล้าของประสาทสัมผัสทำให้ร่างกายมีสมรรถภาพลดลง และมีโอกาสเกิดข้อผิดพลาด ส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผู้บริโภค ต่อสินค้า หุ่นยนต์จึงเข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมมากขึ้นในปัจจุบัน โดยจะทำงานแทนคนในงานต่าง ๆ เพราะเป็นเทคโนโลยีที่มีความแม่นยำสูง ใช้งานได้ต่อเนื่อง ทำงานได้อย่างรวดเร็วและใช้ต้นทุนในระยะยาวที่คุ้มค่ากว่าการจ้างแรงงานคน[1]-[2]

เนื่องจากการกระบวนการผลิตตู้เย็นมีขั้นตอนฉีดสาร Polyurethane ระหว่างโครงเหล็กด้านนอก และผนังตู้ด้านในของตู้เย็นเพื่อเป็นฉนวนป้องกันความเย็นและเพิ่มความแข็งแรง จึงต้องปิดช่องว่างระหว่างมุมโครงเหล็กด้านนอกโดยในการใส่ชิ้นงานสามเหลี่ยมซึ่งทำมาจากอีพีอี-โฟมที่ประกบติดกับฟองน้ำ ป้องกันการรั่วของความเย็น จำเป็นต้องมีความแม่นยำ รวดเร็ว และต้องมีมาตรฐานในกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ จึงใช้หุ่นยนต์ทำงานร่วมกับส่วนติดต่อผู้ใช้ เพื่อรองรับการนำข้อมูลหรือคำสั่งเข้าไปสู่ระบบตลอดจนนำเสนอข้อมูลกลับมายังผู้ใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

สร้างระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็น ตามข้อกำหนดของผู้ใช้ในการผลิตตู้เย็น 10 โมเดลเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพให้เป็นระบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบ โดยเปลี่ยนขั้นตอนการปิดช่องว่างระหว่างมุมทั้ง 4 ของโครงเหล็กภายนอก จากการใช้ผู้ปฏิบัติงานเป็นการใช้หุ่นยนต์เพื่อลดความผิดพลาดของคน

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ซอฟต์แวร์

- การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์โดยใช้ซอฟต์แวร์ WorkVisual 4.0 สำหรับหุ่นยนต์ KUKA รุ่น 20-3 ซึ่งมีฟังก์ชันการควบคุมตำแหน่ง, รูปแบบการเคลื่อนที่และการควบคุมการทำงานของกรีปเปอร์ นอกจากนี้มีการส่งสถานะการทำงานของหุ่นยนต์และกรีปเปอร์ไปยังซอฟต์แวร์ LabVIEW เพื่อแสดงผล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ด้วยซอฟต์แวร์ Festo Configuration Tool(FCT) ให้สามารถทำงานได้ตรงตามโมเดลที่ได้รับจากซอฟต์แวร์ LabVIEW ได้

- การติดต่อกับผู้ใช้หรือหน้า HMI (Human Machine Interface) โดยใช้ซอฟต์แวร์ LabVIEW แสดงสถานะการทำงานของหุ่นยนต์ รวมถึงการตั้งค่าการเคลื่อนที่การใช้ชิ้นงาน ส่งค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่ไปยังซอฟต์แวร์ WorkVisual 4.0 ได้ และสามารถรับโมเดลที่ส่งมาจากสายการผลิตได้

2. สายการผลิตตู้เย็น

การประกอบโครงเหล็กภายนอก (Outer Cabinet) ในสายการผลิตตู้เย็น ในกระบวนการปิดช่องว่างระหว่างมุมทั้ง 4 ด้านของโครงเหล็กภายนอกที่อยู่ระหว่าง 2 สายพานที่ลำเลียงมาต่อเนื่องกัน โดยกระบวนการปิดมุมด้วยชิ้นงานสามเหลี่ยมที่มุมของโครงเหล็กภายนอก ต้องใช้ระยะเวลาภายใน 14 วินาที

3. การทำงานของหุ่นยนต์และกริปเปอร์

หุ่นยนต์ถูกติดตั้งระหว่าง 2 สายพานซึ่งมีการลำเลียงโครงเหล็กภายนอกจากด้านขวาไปด้านซ้ายของหุ่นยนต์ ทำให้โมดูลหยิบชิ้นงานคู่แรกทำงานปิดช่องว่างระหว่างรอยต่อสองมุมของโครงเหล็กด้านซ้าย อีกคู่ปิดช่องว่างด้านขวาของตู้ที่อยู่ติดกัน จากนั้นกริปเปอร์กลับไปยังตำแหน่งที่ลำเลียงชิ้นงาน เพื่อหยิบชิ้นงานสามเหลี่ยม

4. การประกอบโครงเหล็กภายนอก 10 โมเดล ซึ่งมีความกว้างของโครงเหล็กที่แตกต่างกัน 5 ขนาด ได้แก่ 600, 609, 615, 628 และ 700 มิลลิเมตร

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. วางแผนรายละเอียดงานทั้งหมดในโครงการ
2. ศึกษาข้อมูลการทำงานของโครงการ
3. ศึกษาและค้นคว้าการทำงานของหุ่นยนต์ และฟังก์ชันที่ใช้ในการทำงาน
4. ศึกษาและค้นคว้าการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ และฟังก์ชันที่ใช้ในการทำงาน
5. ออกแบบวงจรไฟฟ้าและระบบลมของหุ่นยนต์และกริปเปอร์
6. เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์
7. ทดสอบโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์
8. เขียนโปรแกรม HMI เพื่อการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับระบบ
9. ออกแบบการบันทึกข้อมูล
10. บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานของโครงการ

ลำดับ	หัวข้อการปฏิบัติงาน	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
1	กำหนดหัวข้อและขอบเขต				
2	ศึกษาข้อมูลและรายละเอียด				
3	ศึกษาการทำงานของหุ่นยนต์				
4	ศึกษาซอฟต์แวร์ของหุ่นยนต์และส่วนติดต่อกับผู้ใช้				
5	ศึกษาซอฟต์แวร์ของเซอร์โวมอเตอร์				
6	ทำวงจรไฟฟ้าและระบบลมของหุ่นยนต์และกริปเปอร์				
7	เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์				
8	เขียนโปรแกรมแสดงส่วนติดต่อระหว่างระบบกับผู้ใช้				
9	ทดสอบซอฟต์แวร์				
10	ตรวจและแก้ไขซอฟต์แวร์				
11	บันทึกผลการทดลอง				
12	จัดทำและแก้ไขเล่มรายงาน				

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็นตามข้อกำหนดของผู้ใช้ในการผลิตตู้เย็น
2. ระบบสามารถนำมาใช้ทดแทนพนักงานได้จริง
3. ระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอก สามารถทำงานได้ภายในระยะเวลา 14 วินาที

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง โดยทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับหลักการทำงานของการประกอบตู้เย็น องค์ประกอบที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ การใช้โปรแกรม LabVIEW และโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งหลักการและทฤษฎีที่ได้กล่าวนี้เป็นการศึกษาข้อมูลเพื่อนำมาประกอบการทำโครงการนี้

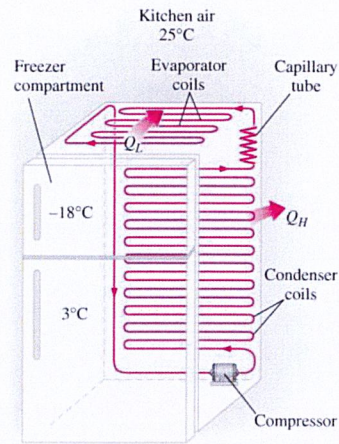
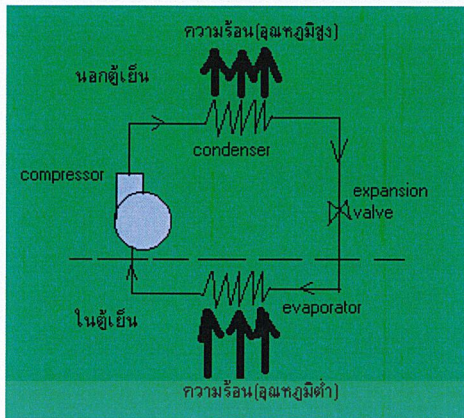
2.2 สายการผลิตตู้เย็น

2.2.1 หลักการทำงานของตู้เย็น

ตู้เย็นประกอบด้วยตัวตู้และฉนวนป้องกันความร้อนจากภายนอก กันรั่วบริเวณขอบประตูช่วยป้องกันไม่ให้ความร้อนรั่วเข้าสู่ตู้เย็น และระบบทำความเย็น โดยที่ระบบทำความเย็นประกอบด้วย

1. คอมเพรสเซอร์(Compressor)
2. คอยล์ร้อน หรือ คอนเดนเซอร์ (Condenser)
3. วาล์วลดความดัน (Expansion valve)
4. คอยล์เย็น หรือ อีแวปอเรเตอร์ (Evaporator)
5. สารทำความเย็น (Refrigerant)

การทำงานของวัฏจักรทำความเย็น โดยสารทำความเย็นได้รับความร้อนจากภายในตู้เย็นที่คอยล์เย็นหรืออีแวปอเรเตอร์ทำให้สารทำความเย็นกลายเป็นไอ จากนั้นคอมเพรสเซอร์จะอัดไอสารทำความเย็นให้มีความดันสูงขึ้น และคลายความร้อนที่คอยล์ร้อน ซึ่งสารทำความเย็นจะกลั่นตัวเป็นสารทำความเย็นเหลวอีกครั้ง แต่ความดันยังสูงอยู่จึงถูกลดความดันที่วาล์วลดความดัน และสารทำความเย็นรับความร้อนจากภายในตู้เย็นที่คอยล์เย็นต่อไปในรอบใหม่ของวัฏจักรการทำความเย็น



รูปที่ 2.1 การทำงานของวัฏจักรทำความเย็น

ที่มา : Thermodynamics, Cengel and Boles 5th Edition

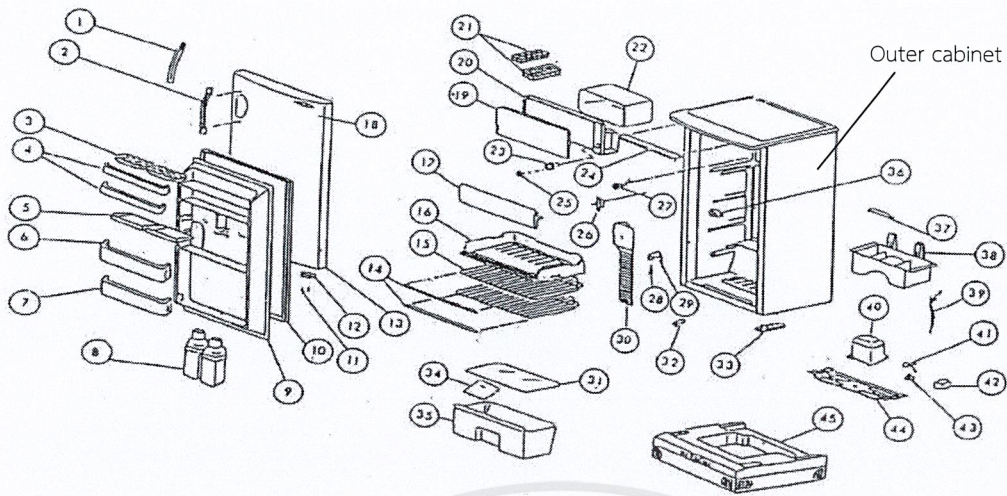
วัสดุฉนวนและชิ้นส่วนอุปกรณ์ของตู้เย็น

วัสดุฉนวนที่ใช้ในการผลิตตู้เย็น แบ่งเป็น

1. โครงตู้และแผ่นฝา เป็นแผ่นเหล็ก
2. โครงด้านในและฝาประตูในทำจากวัสดุ High impact polystyrene (HI-PS) หรือ ABS (Acrylonitrile butadiene-styrene)
3. ฉนวนป้องกันความเย็น เป็นโฟมโพลียูรีเทนแข็ง (Rigid polyurethane foam)
4. สารทำความเย็น โดยส่วนใหญ่เป็น HFC-134 a
5. สีพ่น เป็นสารประเภท thermosetting acrylic-amino resin

ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของตู้เย็น โดยทั่วไปแบ่งเป็น

1. เครื่องอัดสารทำความเย็น (Refrigerant compressor) ทำจากวัสดุฉนวน เช่น แผ่นเหล็ก อะลูมิเนียมหล่อ ทองแดง เหล็กหล่อ น้ำมันหล่อลื่น
2. ชิ้นส่วนภายในตู้เย็น : พลาสติกประเภท HI-PS หรือ ABS
3. แผงระบายความร้อน : ท่อทองแดง
4. ยางขอบตู้เย็น : พลาสติกประเภทโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride: PVC)



NO	DESCRIPTIONS	MATERIAL	NO.	DESCRIPTIONS	MATERIAL
1	HANDEL 1	ABS RESIN	24	UP-HINGE	STEEL
2	HANDEL 2	ABS RESIN	25	DEFROST BUTTON	HI-PS
3	EGG CASE	PS (POLYSTYRENE)	26	THERMOSTAT	STEEL
4	SMALL RACK	PS	27	DOOR SWITCH	PVC
5	UTILITY CASE	PS	28	LAMP	GLASS
6	BIG RACK	PS	29	LAMP SOCKET	PVC
7	BIG RACK	PS	30	LAMP COVER	HI-PS
8	BOTTLE	PP (POLYPROPYLENE)	31	GLASS SHELF	GLASS
9	LINER	HI-PS (HIGH IMPACT POLYSTYRENE)	32	STOPPER-2	PP (RECYCLE)
10	GASKET	PVC (POLYVINYL CHLORIDE)	33	LO-HINGE	STEEL
11	SCREW	STEEL	34	INST-BOOK	PAPER
12	STOPPER 1	STEEL	35	VEGETABLE CASE (CRISPER)	PS
13	DOOR PANEL	STEEL	36	DRAIN RECEIVER	PP
14	SHELF TRIM	PVC	37	DRYER	COPPER
15	SHELF	PVC + WIRE STEEL	38	EVAPORATOR PAN	PP (RECYCLE)
16	MULTI CHILLER	PS	39	PLUG CORD	PVC + COPPER
17	MULTI CHILLER DOOR	PS	40	COMPRESSOR	STEEL + COPPER + ALUMINIUM + CAST IRON + LUBRICATING OIL
18	DOOR BADGE	ABS	41	OVERLOAD PROTECTOR	ELECTRIC ASSEMBLY
19	EVAPORATOR DOOR	AL (ALUMINIUM)	42	COVER	PP
20	EVAPORATOR FRAME	HI-PS	43	STARTING RELAY	ELECTRIC ASSEMBLY
21	ICE TRAY	PP	44	COMP BASE	STEEL
22	EVAPORATOR FRAME	HI-PS	45	REFRIGERATOR STAND	PP
23	DIAL 1	HI-PS			

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบทั่วไปของตู้เย็น (เฉพาะบางรุ่น)

ที่มา : TGL-3-R2-02

2.2.2 เทคโนโลยีการผลิตตู้เย็น

กรรมวิธีการผลิตและประกอบตู้เย็นจะรายละเอียด แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ ดังนี้ คือ

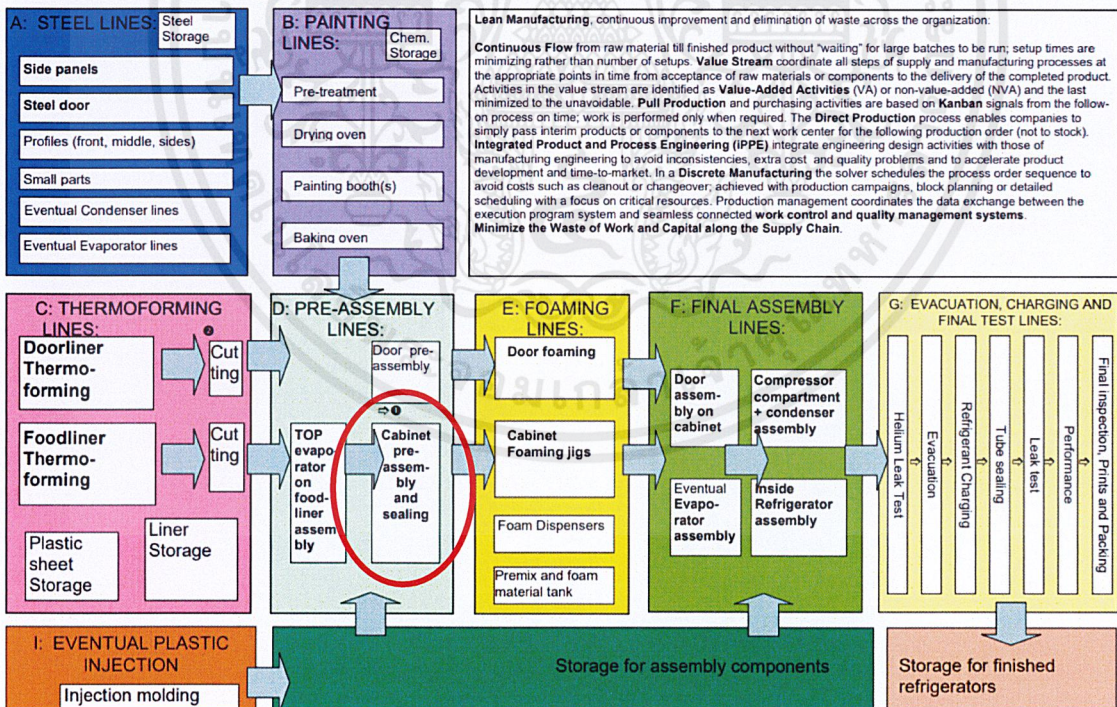
1. การผลิตและประกอบโครงตู้และฉนวนกันความร้อน เริ่มจากการนำแผ่นเหล็กมาตัดเพื่อทำเป็น โครงสร้างตู้เย็น คือ โครงตู้ บานประตู และฝาบนของตู้ นำแผ่นเหล็กที่ตัดแล้วมาตากแห้งให้เรียบร้อยก่อน นำไปล้างไขมัน เคลือบสารเคมีกันสนิมและอบความร้อน จากนั้นนำเข้าห้องพ่นสี แล้วจึงนำแผ่น ABS ซึ่งขึ้น รูปเป็นฝาด้านในของตู้ ประกอบเข้ากับโครงตู้ แล้วจึง บรรจุสารยูรีเทนเข้าไประหว่างฝาด้านในกับตัวตู้ ตกแต่งประตูโดยการติดขอบยางพลาสติกกับฝาด้านบน และใส่ใยแก้วหรือฟองน้ำประกอบแผ่น ABS, HI-PS ทางด้านในของฝาประตูติดขอบยางฝาประตู และในขั้นสุดท้ายจะประกอบส่วนต่าง ๆ ของโครงตู้เข้าด้วยกัน ทดสอบความคงทนของขอบยางประตูและการดูดของแม่เหล็กที่ขอบยาง

2. การประกอบอุปกรณ์ทำความเย็น ในขั้นตอนนี้แบ่งการประกอบออกเป็น 2 ส่วน คือ

2.1 ด้านความดันสูง (High pressure) คือ การประกอบเครื่องควบแน่นและเครื่องอัดสารทำความเย็นเข้าด้วยกัน แล้วตรวจสอบอย่างละเอียดก่อนประกอบเข้ากับตู้

2.2 ด้านความดันต่ำ (Low pressure) คือ การประกอบอีแวปอเรเตอร์ กับท่อด้านดูด (Suction line) เข้าด้วยกัน เมื่อเสร็จแล้ว เปิดเครื่องตั้งทิ้งไว้เป็นครั้งสุดท้ายก่อนบรรจุหีบห่อ

Transfair Engineering: Refrigerator Manufacturing Flow Diagram:



รูปที่ 2.2 ภาพรวมระบบการผลิตตู้เย็น

ระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็น อยู่ในส่วนของ

การก่อนการประกอบตู้โครงเหล็กภายนอกและการยึดโครงด้านในของตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการพื้นฐานของหุ่นยนต์

การพัฒนาของเทคโนโลยีในปัจจุบันทำให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้หลายรูปแบบ เพื่อตอบสนองกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมที่ต้องการกำลังการผลิตที่มากขึ้น คำว่า Robot มาจากภาษาเช็ก (Czech) ที่มีความหมายว่า คนงานที่มีพลังกำลังและได้มีการให้คำจำกัดความหมายของหุ่นยนต์ว่า “แขนกลที่ถูกรอกแบบมาให้ทำงานหลายอย่าง หรือทำงานพร้อมกันในเวลาเดียวกัน โดยมีโปรแกรมการเคลื่อนที่ ให้เปลี่ยนแปลงได้ตามลักษณะที่ต้องการ” โดยสถาบันหุ่นยนต์แห่งอเมริกา (Robot Institute of America) หุ่นยนต์ (Robot) คือเครื่องจักรกลชนิดหนึ่งทำงานด้วยการควบคุมแบบอัตโนมัติที่มีลักษณะโครงสร้างและกาทำงานคล้ายหรือเสมือนกับมนุษย์และสามารถทำงานที่ซ้ำ ๆ และซับซ้อนได้ดี รวมทั้งงานที่มีความยากลำบากที่มนุษย์ไม่สามารถทำได้ หุ่นยนต์เป็นศาสตร์ทางวิศวกรรมที่รวมเอาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมซอฟต์แวร์เข้าด้วยกัน

กฎของหุ่นยนต์

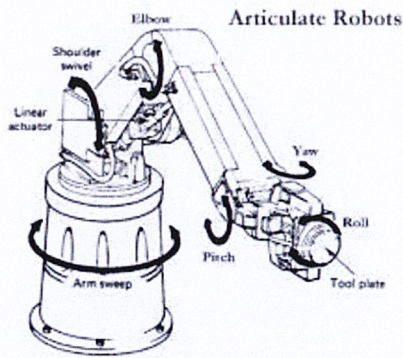
กฎของหุ่นยนต์ตั้งขึ้นโดย ไอแซค อสิมอฟ เพื่อใช้กับหุ่นยนต์ในนิยายวิทยาศาสตร์ของเขา โดยกฎเหล่านี้ไม่ได้เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ในชีวิตจริง ได้แก่

1. หุ่นยนต์จะต้องไม่ทำร้ายมนุษย์ หรืออยู่นิ่งเฉยปล่อยให้ผู้ที่เป็มนุษย์ตกอยู่ในอันตรายได้
2. หุ่นยนต์ต้องเชื่อฟังคำสั่งที่ได้รับจากมนุษย์ ยกเว้นคำสั่งดังกล่าวขัดแย้งกับกฎข้อแรก
3. หุ่นยนต์จะต้องปกป้องการดำรงอยู่ของตัวตนไว้ตราบเท่าที่การปกป้องนั้นมิได้ขัดแย้งต่อกฎข้อแรกหรือกฎข้อสอง

2.3.1 หุ่นยนต์ที่ใช้ในโรงงาน

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะทุกแกนการเคลื่อนที่แบบหมุน (Revolute Joint) มีรูปแบบการเคลื่อนที่คล้ายแขนมนุษย์แต่มีองศาการหมุนที่มากกว่า คือสามารถหมุนได้รอบทุกแกน

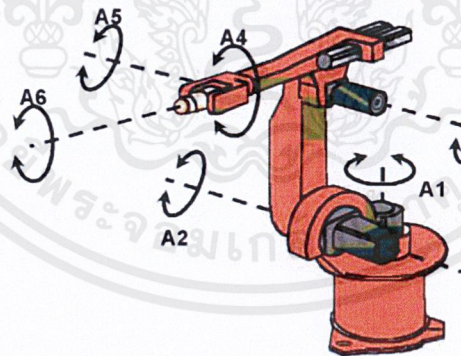
โดยใช้หุ่นยนต์ KUKA รุ่น 20-3 ประเภท 6 แกนในโรงงานระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็น



รูปที่ 2.3 หุ่นยนต์ประเภท Articulated Robot

คำนิยามพื้นฐาน

1. ข้อต่อ (Joint) คือ จุดเชื่อมต่อที่สามารถเคลื่อนที่ของ 2 สมาชิกใน Kinematic chain การเคลื่อนที่นั้นสามารถแบ่งได้
 - a. revolute joint คือ ข้อต่อที่หมุนได้ (1 degree of freedom)
 - b. prismatic joint คือ ข้อต่อที่เคลื่อนที่เข้า-ออกเป็นแนวเส้น (1 degree of freedom)
 - c. screw joint คือ ข้อต่อที่หมุนและเคลื่อนที่เข้า-ออกสัมพันธ์กัน (1 degree of freedom)
 - d. spherical joint คือ ข้อต่อที่หมุนได้รอบ (2 degrees of freedom)
2. แกน (Axis) คือ เส้นตรงที่อ้างอิงข้อต่อ (Joint) ของหุ่นยนต์



รูปที่ 2.4 การแสดงแกนทั้ง 6 แกนของหุ่นยนต์

3. degrees of freedom หรือ องศาอิสระ คือ จำนวนแกน/ทิศทางที่สามารถเคลื่อนที่อย่างอิสระ ถ้าเปรียบเทียบกับความสามารถในการเคลื่อนที่บนโลกสามมิติจะมีการเคลื่อนที่ 3 แกน ขึ้น-ลง, ซ้าย-ขวา, หน้า-หลัง และการหมุนอีก 3 แกน เช่นแขนหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ได้ในระนาบ และไม่สามารถปรับมุมการหมุนได้ จะมี 2 degrees of freedom แขนหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ได้ในสามมิติ แต่ไม่สามารถปรับมุมการเอียงของ

ปลายแขนได้จะมี 3 degrees of freedom แขนหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ได้ในสามมิติ และควบคุมการหมุนของปลายแขนได้รอบทิศทางจะมี 6 degrees of freedom

หุ่นยนต์ที่มีมากกว่า 6 degrees of freedom คือ หุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนปลายแขนไปยังตำแหน่งใด ๆ ในสามมิติ และควบคุมการหมุนของปลายแขนได้รอบทิศ ได้มากกว่า 1 ทิศทางเพื่อให้ได้ตำแหน่งปลายแขนตำแหน่งเดียวกัน (เช่น แขนคนมี 7 degrees of freedom สามารถขยับแขนได้หลายท่า โดยที่ปลายมือเราอยู่ที่เดิม)

4. End-Effector คือ อุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ที่ปลายแขนเพื่อใช้ทำงาน เช่น Gripper, Tool และ ระบบสุญญากาศ เป็นต้น

5. workspace คือ ส่วนของสภาพแวดล้อมที่ End Effector สามารถเข้าถึงได้ โดยที่ขนาดและรูปร่างขึ้นอยู่กับโครงสร้างของหุ่นยนต์

6. link คือ โครงสร้างแขนแต่ละท่อน

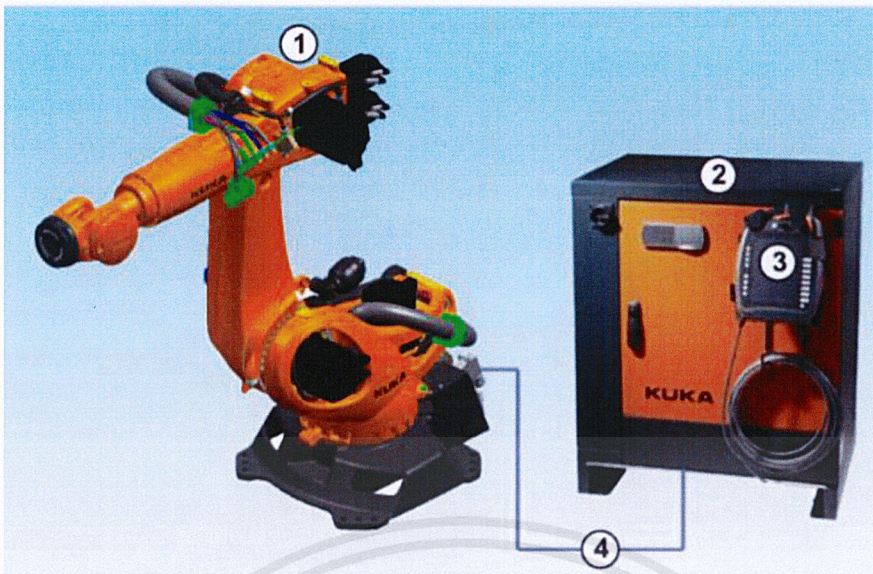
7. base คือ link แรกสุดที่ถักยึดอยู่กับที่

8. wrist คือ ข้อต่อที่ไม่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในสามมิติ แต่ทำให้เกิดการหมุน มักไว้เป็นข้อต่อสุดท้ายที่ปลายแขน

2.3.2 องค์ประกอบระบบควบคุมหุ่นยนต์

องค์ประกอบของระบบในการควบคุมหุ่นยนต์ประกอบด้วย องค์ประกอบหลัก คือ

1. Manipulator : ตัวหุ่นยนต์ ที่จะทำงานตามคำสั่งที่ผ่านการประมวลผลจาก Controller
2. Controller : ส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับคำสั่งจาก User ผ่าน Teach Pendant และนำมาประมวลผล เพื่อทำการควบคุมหรือสั่งการทำงานของหุ่นยนต์
3. Teach Pendant : อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการป้อนคำสั่งโดยผู้ควบคุมหรือ User
4. Connecting cables
5. Software



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบระบบควบคุมหุ่นยนต์

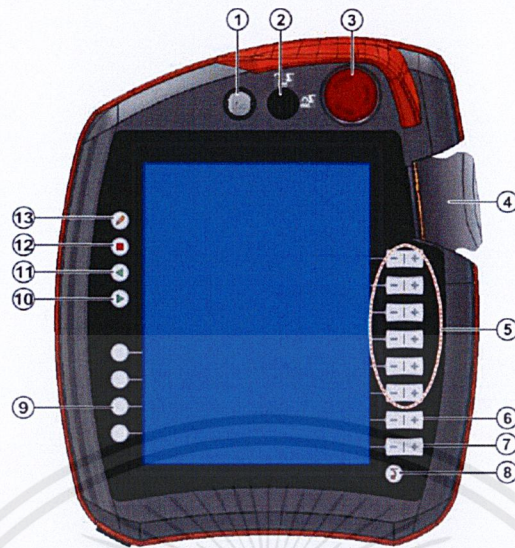
2.3.2.1 ตัวหุ่นยนต์ (Robot Body / Manipulator)

ชุดการเชื่อมต่อทางกล แขนและข้อต่อที่สามารถเคลื่อนที่ได้หลายทิศทางเพื่อควบคุม End-Effector ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เพราะเมื่อพิจารณาเลือกใช้หุ่นยนต์ช่วยในกระบวนการผลิตจะต้องคำนึงถึงลักษณะของงาน พื้นที่ สิ่งแวดล้อม เนื่องจากตัวหุ่นยนต์นั้นเป็นส่วนที่ต้องนำมาใช้ในกระบวนการทำงานอยู่ตลอดเวลา ซึ่งลักษณะงานที่แตกต่างกันก็จะเป็นตัวบ่งบอกในเรื่องของขนาดโครงสร้างของตัวหุ่นยนต์

2.3.2.2 อุปกรณ์ควบคุมและโปรแกรมหุ่นยนต์ (Teach Pendant)

อุปกรณ์ควบคุมและโปรแกรมหุ่นยนต์ (Teach Pendant) ส่วนที่ User จะต้องใช้งานอยู่บ่อยครั้งที่สุด โดย Teach Pendant มีไว้สำหรับทำการควบคุมหรือสั่งให้หุ่นยนต์เกิดการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ไปถึงยังทำหน้าที่ในการเขียนโปรแกรมการทำงานของของหุ่นยนต์ ตรวจสอบโปรแกรม, Start/Stop การทำงานของระบบหุ่นยนต์และยังทำหน้าที่ในการแสดงผลการทำงานต่าง ๆ เช่น ข้อความ Alarm, สถานะการทำงานของหุ่นยนต์, Cycle Time , แสดงข้อมูล Parameter ต่าง ๆ , จัดเก็บหรือสำรองข้อมูลโปรแกรมการทำงานของตัวหุ่น และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมหุ่นยนต์อีกมากมาย โดยอุปกรณ์ Teach Pendant จะต้องทำการติดต่อสื่อสารเพื่อส่งและรับข้อมูลต่าง ๆ กับคอนโทรลเลอร์อยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้ หุ่นยนต์ทุกตัวจะต้องมีอุปกรณ์ตัวนี้เพื่อความสะดวกในการใช้งาน หน้าตาของ Teach Pendant จะแตกต่างกันออกไปตามยี่ห้อของผู้ผลิตและได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่ายยิ่งขึ้น

ส่วนประกอบของ KUKA SmartPAD Teach Pendant



รูปที่ 2.6 ด้านหน้า Pendant

รายละเอียดส่วนประกอบของ KUKA SmartPAD Teach Pendant ด้านหน้า

1. ปุ่มกดสำหรับยกเลิกการเชื่อมต่อ
2. สวิตช์กุญแจสำหรับเรียกใช้งานตัวจัดการการเชื่อมต่อ (Connection Manager) การเปลี่ยนโหมดการทำงานของหุ่นยนต์สามารถทำได้โดยการใช้ตัวจัดการการเชื่อมต่อซึ่งสวิตช์นี้สามารถใช้งานได้เมื่อมีกุญแจเสียบอยู่เท่านั้น
3. ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency stop button) เมื่อกดปุ่มนี้หุ่นยนต์จะหยุดทำงานทันที โดยมันจะล็อคตัวเองเมื่อมันถูกกด
4. เม้าส์ (Space mouse) ใช้สำหรับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยมือ
5. ปุ่มกดแบบจ็อก (Jog key) ใช้สำหรับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยมือ
6. ปุ่มสำหรับเลือกเขียนทับโปรแกรม
7. ปุ่มสำหรับเลือกการเขียนทับแบบจ็อก
8. ปุ่มเมนูหลัก แสดงรายการของเมนูของตัวสอนหุ่นยนต์
9. ปุ่มสถานะ ปุ่มนี้จะถูกใช้สำหรับเลือกพารามิเตอร์ของตัวหุ่นยนต์
10. ปุ่มเริ่มการทำงานของโปรแกรม ปุ่มนี้จะถูกใช้เมื่อต้องการเริ่มการทำงานของโปรแกรม
11. ปุ่มเริ่มการทำงานของโปรแกรมแบบย้อนกลับจะถูกใช้เมื่อต้องการให้โปรแกรมทำงานแบบย้อนกลับ
12. ปุ่มหยุดการทำงาน เมื่อกดปุ่มนี้จะหยุดการทำงานของโปรแกรมที่กำลังทำงานอยู่
13. ปุ่มกดเพื่อเรียกใช้งานคีย์บอร์ด เมื่อกดปุ่มนี้หน้าจอคีย์บอร์ดจะแสดงขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

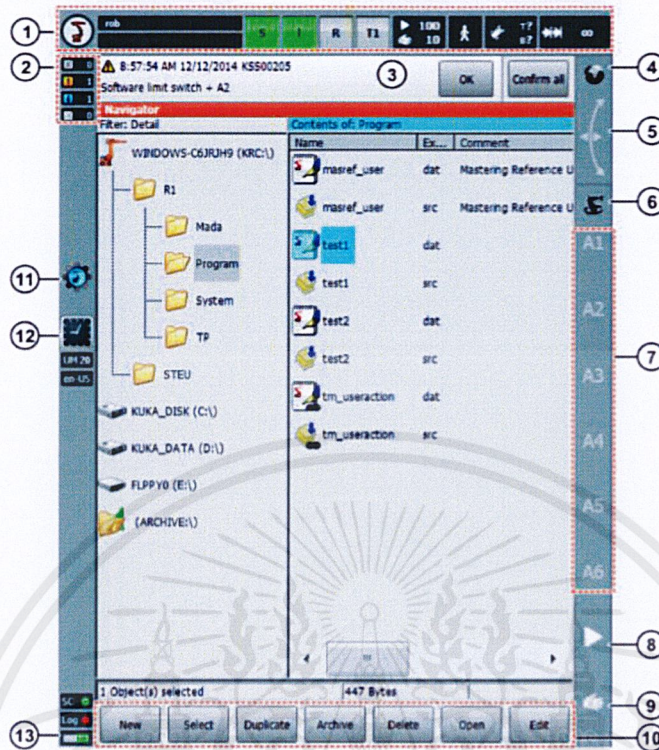


รูปที่ 2.7 ด้านหลัง Pendent

รายละเอียดส่วนประกอบของ KUKA SmartPAD Teach Pendent ด้านหลัง

1. สวิตซ์ให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ (Enabling switch) จะต้องกดสวิตซ์นี้เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ในโหมดควบคุมด้วยมือ
2. ปุ่มเริ่มการทำงานของโปรแกรม (Start key) (ปุ่มสีเขียว)
3. สวิตซ์ให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ (Enabling switch)
4. ช่องเชื่อมต่อ USB
5. สวิตซ์ให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ (Enabling switch)
6. แผ่นระบุเอกลักษณ์

KUKA SmartHMI User Interface Teach Pendant



รูปที่ 2.8 หน้าจอ KUKA SmartHMI

KUKA SmartHMI เป็นส่วนหน้าจอแสดงผลของตัวสอนหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการสอนและจัดการสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. แถบสถานะ (Status bar)
2. ส่วนนับจำนวนข้อความ (Message counter) ส่วนนี้จะแสดงจำนวนของข้อความเตือน ข้อความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ว่ามีจำนวนเท่าไร
3. หน้าต่างข้อความ (Message window) ส่วนนี้จะแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของข้อความเตือน ข้อความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ในขณะที่เขียนโปรแกรม
4. ตัวบอกสถานะของเมาส์ (Space Mouse status indicator)
5. ตัวบอกทิศทางของเมาส์ (Space Mouse alignment indicator)
6. ตัวบอกสถานะปุ่มกดแบบจ็อก (Jog keys status indicator)
7. สัญลักษณ์ต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่แบบจ็อก (Jog key labels)
8. ปุ่มสำหรับเลือกเขียนทับโปรแกรม
9. ปุ่มสำหรับเลือกการเขียนทับแบบจ็อก
10. แถบปุ่มกด (Button bar) ปุ่มต่าง ๆ ในแถบล่างนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะสอดคล้องกับสิ่งที่กำลังเขียนโปรแกรม ณ ปัจจุบัน

11. ไอคอนแสดงภาพการทำงาน (Work Visual Icon) เมื่อกดปุ่มนี้หน้าต่าง Project Management จะแสดงขึ้นมา

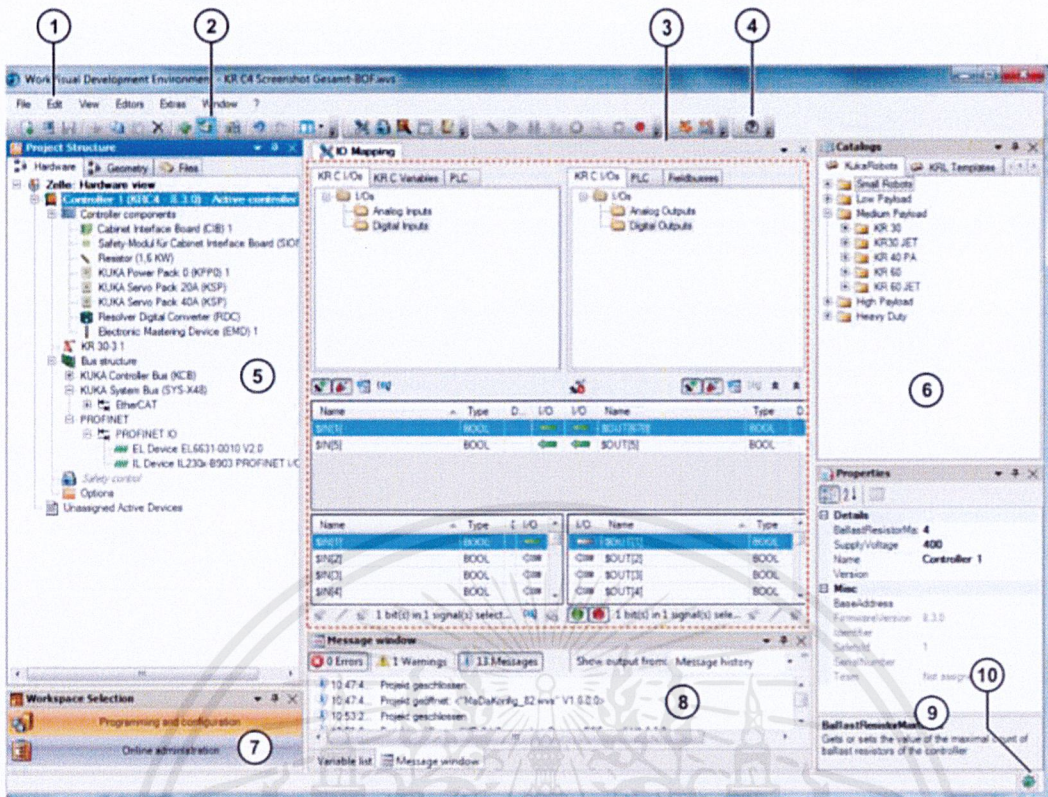
12. นาฬิกา

13. ส่วนแสดงสถานะการทำงานของ KUKA SmartHMI

โปรแกรม WorkVisual 4.0

การวางแผนโครงการและการกำหนดค่าของชุดควบคุมผ่านทางโครงการที่ใช้ฐานข้อมูลและแคตตาล็อกเป็นหลัก ซึ่งมีการสร้างขึ้นด้วย KUKA.WorkVisual การตั้งโปรแกรม การเริ่มต้นการทำงาน และการวินิจฉัย จะมีการนำเสนอขั้นตอนทั้งหมดของสภาพแวดล้อมการพัฒนาแบบออฟไลน์ สภาพแวดล้อมการวินิจฉัยแบบออนไลน์ และสภาพแวดล้อมการบำรุงรักษา ที่กลมกลืนกัน แคตตาล็อกโปรแกรมที่ครอบคลุมทั้งหมดและข้อมูลโครงการจะรับประกันให้มีความสม่ำเสมอและความต่อเนื่อง

- ส่วนต่อประสานผู้ใช้งานที่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดและเป็นแนวทางเดียวกัน
- ความสอดคล้องกันของการจัดเก็บข้อมูลโครงการ การหลีกเลี่ยงการป้อนข้อมูลหลายรายการที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาด
- การบริหารจัดการระบบเครือข่ายของการควบคุม KR C4 ทั้งหมด
- ตัวเลือกการวินิจฉัยที่กว้างขวาง
- การกำหนดค่าฟิลด์บัส I/O ที่เหมือนกันแบบผสมผสาน การแมปและการวินิจฉัยบนชุดควบคุมหุ่นยนต์ และระหว่าง Robot Control กับ SoftPLC
- ฟิลด์บัสที่รองรับมี PROFINET, PROFIBUS, EtherCAT, Ethernet/IP, DeviceNet และ VARANBUS
- การกำหนดค่าการลากและวางและการตั้งพารามิเตอร์ที่ดำเนินการด้วยเมนูสำหรับ RoboTeam PROFIsafe CIP/Safety และ FSoE
- ตัวแก้ไขสำหรับการตั้งโปรแกรมที่ใช้การเขียนตัวอักษรของส่วนประกอบเซลล์
- ช่วยให้สามารถแก้ไขได้อย่างสะดวกสบายโดยไม่เกี่ยวข้องกับโครงการของการตั้งโปรแกรมของการควบคุมโดยตรงไปในสภาพแวดล้อมของวิศวกรรม



รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบโปรแกรม WorkVisual 4.0

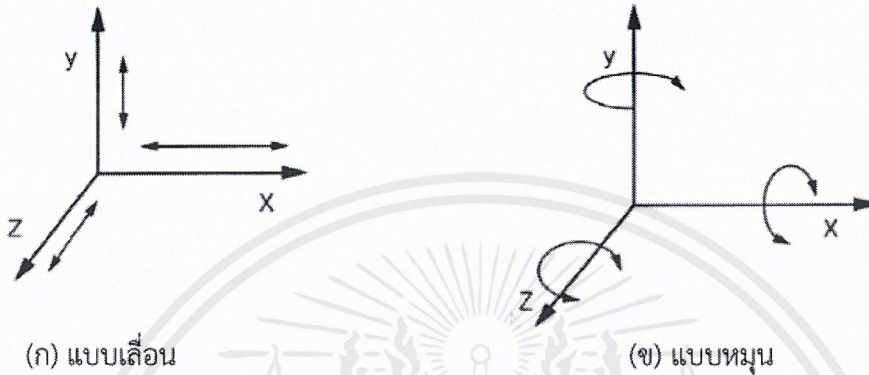
รายละเอียดส่วนประกอบของโปรแกรม WorkVisual 4.0

1. แถบเมนู (Manu bar)
2. แถบปุ่มกด (Button bar)
3. ส่วนแก้ไขโปรแกรม (Editor Area)
4. ปุ่มสำหรับการช่วยเหลือ (Help button) แสดงรายละเอียดของโปรแกรม
5. หน้าต่างแสดงโครงสร้างของโปรเจค
6. หน้าต่างแคตตาล็อก (Catalog window) องค์กรประกอบต่าง ๆ ที่สามารถเพิ่มส่วนของฮาร์ดแวร์ หรือ องค์กรประกอบทางเรขาคณิต ในหน้าต่างแสดงโครงสร้างของโปรเจค
7. ส่วนแสดงมุมมองอื่น ๆ ของโปรแกรม (Workspaces window)
8. หน้าต่างข้อความ (Message window)
9. หน้าต่างแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของโปรแกรม
10. ไอคอนแสดงการประมวลผลของโปรเจค

2.3.3 ลำดับชั้นความเป็นอิสระและการบังคับ (Degrees of Freedom (DOF)

and Constraints)

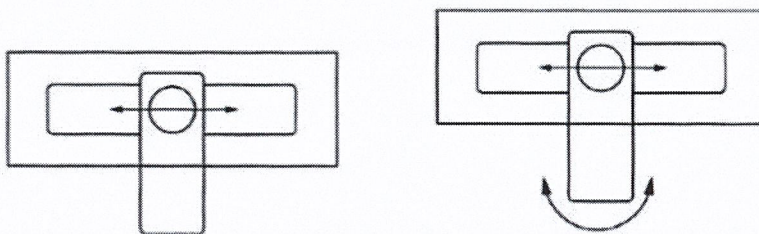
การเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็ง ส่วนมากจะเป็นการเคลื่อนที่แบบเลื่อนและแบบหมุนรวมกัน การเคลื่อนที่แบบเลื่อนสามารถเคลื่อนที่เลื่อนไปได้ใน 1 แกน 2 แกน หรือ 3 แกน และการเคลื่อนที่แบบหมุน ก็สามารถเคลื่อนที่หมุนได้ใน 1 แกน 2 แกน หรือ 3 แกน เช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.10 ชนิดของการเคลื่อนที่

ลำดับชั้นความเป็นอิสระ คือ จำนวนของส่วนประกอบของการเคลื่อนที่ที่ต้องการควบคุมการเคลื่อนที่ อีกนิยามหนึ่งของลำดับชั้นความเป็นอิสระ คือ จำนวนพิกัดทั่วไปที่เป็นอิสระต่อกัน ที่ใช้ในการอธิบายการเคลื่อนที่ของระบบ จากรูปที่ 2.7 วัตถุมีการเคลื่อนที่ทั้งแบบเลื่อน (ตามแกน X, Y และ Z) จึงมี 3 ลำดับ ชั้น ความเป็นอิสระและแบบหมุน (รอบแกน X, Y, และ Z) จึงมี 3 ลำดับชั้นความเป็นอิสระ รวมกันก็จะมี 6 ลำดับชั้นความเป็นอิสระ (6 DOF)

จำนวนของลำดับชั้นความเป็นอิสระ คือ จำนวนส่วนประกอบของการเคลื่อนที่ เพื่อต้องการควบคุมการเคลื่อนที่ ในรูปที่ 2.7 รูป(ก) รอยต่อของชิ้นส่วนกลไกถูกบังคับให้เคลื่อนที่แบบเลื่อนเพียงอย่างเดียว จึงมี 1 ลำดับชั้นความเป็นอิสระ และรูป (ข) รอยต่อของชิ้นส่วนกลไกถูกบังคับให้มีการเคลื่อนที่แบบหมุนด้วย จึงมี 2 ลำดับชั้นความเป็นอิสระ



(ก) 1 ลำดับชั้นความเป็นอิสระ

(ข) 2 ลำดับชั้นความเป็นอิสระ

รูปที่ 2.11 รอยต่อ 1 ลำดับชั้นความเป็นอิสระและ 2 อันดับความเป็นอิสระ

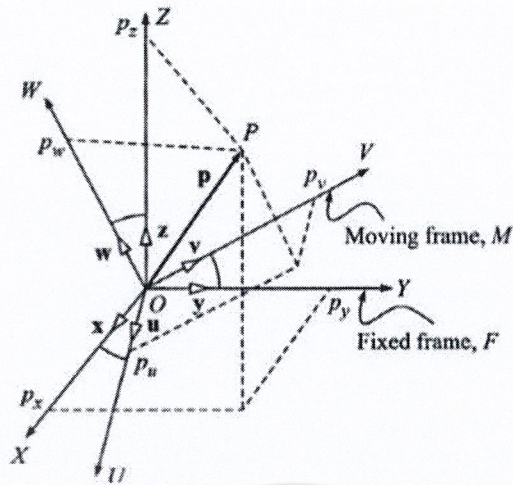
ในระนาบสามมิติ และลำดับชั้นความเป็นอิสระ 6 ลำดับชั้นความเป็นอิสระของวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid body) สามารถอธิบายโดยใช้ชื่อของการเดินเรือ ได้แก่

1. การเคลื่อนที่แบบเลื่อน จะมี 3 ลำดับชั้นความเป็นอิสระ
2. การเคลื่อนที่แบบหมุน จะมี 3 ลำดับชั้นความเป็นอิสระ

2.4 ตำแหน่งและการกำหนดทิศทางของวัตถุแข็งเกร็ง

การเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็งในพิกัดแกนคาร์ทีเซียนแบบสามมิติประกอบไปด้วยการเคลื่อนที่แบบเลื่อนและแบบหมุน ซึ่งการเคลื่อนที่แบบเลื่อนของวัตถุแข็งเกร็งจะถูกกำหนดโดยการไขพิกัดคาร์ทีเซียน 3 แกน แต่การเคลื่อนที่แบบหมุนของวัตถุแข็งเกร็งจะถูกกำหนดโดยพิกัดเชิงมุม 3 แกน ดังนั้นกล่าวได้ว่า การเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็งสามารถกำหนดได้โดยใช้พิกัดทั้งหมด 6 แกน สำหรับการศึกษาทางด้านจลนศาสตร์ของหุ่นยนต์ สิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นสำคัญคือตำแหน่งและการกำหนดทิศทางของชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยที่ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของหุ่นยนต์นี้จะประกอบไปด้วยก้านต่อและชิ้นงานที่ประกอบเป็นโครงสร้างของหุ่นยนต์ โดยการระบุตำแหน่งและกำหนดทิศทางของแต่ละชิ้นส่วนนั้นอ้างอิงแบบคงที่หรือที่เรียกว่า เฟรมแบบคงที่ที่จะถูกกำหนดและระบบพิกัดคาร์ทีเซียนจะถูกกำหนดไว้ที่ชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนไหว โดยพิกัดคาร์ทีเซียนนี้จะใช้อธิบายถึงตำแหน่งและทิศทางของชิ้นส่วนนั้น ๆ

ตำแหน่งและการกำหนดทิศทางของวัตถุแข็งเกร็งเมื่อเทียบกับระบบพิกัดอ้างอิงสามารถอธิบายโดยใช้พารามิเตอร์ที่เป็นอิสระต่อกันทั้งหมด 6 พารามิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.13 โดยกำหนดให้ระบบพิกัด X-Y-Z เป็นแกนของเฟรมอ้างอิงคงที่ (fixed reference frame) และระบบพิกัด U-V-W ที่ถูกกำหนดไว้ที่ชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนไหวจะเป็นแกนของเฟรมเคลื่อนไหว (moving frame) ดังนั้นสามารถพิจารณาได้ว่าเราสามารถทราบตำแหน่งของวัตถุแข็งเกร็งได้ถ้าทราบตำแหน่งของเฟรมเคลื่อนไหวเมื่อเทียบกับเฟรมอ้างอิงคงที่



รูปที่ 2.12 ภาพแสดงเฟรมอ้างอิงคงที่และเฟรมเคลื่อนไหว

2.4.1 การอธิบายตำแหน่ง

ตำแหน่งของจุด P ใด ๆ ที่อยู่บนวัตถุแข็งเกร็งเมื่อพิจารณาเทียบกับเฟรมอ้างอิงคงที่สามารถอธิบายได้โดยไขเวกเตอร์คาร์ทีเซียน 3 มิติหรือเวกเตอร์ \mathbf{p} ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ถ้าพิกัดของจุด P หรือส่วนประกอบของเวกเตอร์ \mathbf{p} ในเฟรมคงที่ F คือ p_x , p_y และ p_z เราสามารถเขียนแสดงแทนจุด P ในลักษณะเวกเตอร์ได้ว่า

$$[\mathbf{p}]_F = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

ตัวอักษร F แสดงถึงเฟรมอ้างอิงเมื่ออ้างอิงถึงเวกเตอร์ \mathbf{p} และตัวอักษร x, y, z แสดงถึงตำแหน่งของเวกเตอร์ \mathbf{p} ที่ถูกฉายลงบนแกน X แกน Y และแกน Z ของเฟรมอ้างอิงคงที่ตามลำดับ ดังนั้นเวกเตอร์ \mathbf{p} สามารถเขียนได้ในอีกรูปแบบหนึ่งว่า

$$\mathbf{p} = p_x \mathbf{x} + p_y \mathbf{y} + p_z \mathbf{z} \quad (2.2)$$

โดยที่ $\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}$ แทนเวกเตอร์หนึ่งหน่วยบนแนวแกน X แกน Y แกน Z ของเฟรมคงที่ F ตามลำดับซึ่งเวกเตอร์หนึ่งหน่วยนี้สามารถเขียนแสดงในลักษณะเวกเตอร์ดังนี้

$$[\mathbf{x}]_F \equiv \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, [\mathbf{y}]_F \equiv \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, [\mathbf{z}]_F \equiv \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

แทนค่าจากสมการ (2.3) ลงในสมการ (2.2) จะพบว่าการแสดงค่าเวกเตอร์ \mathbf{p} บนเฟรม F ; $[\mathbf{p}]_F$ สามารถแสดงได้เหมือนกับในสมการที่ (2.1)

2.4.2 การอธิบายการกำหนดทิศทาง

การกำหนดทิศทางของวัตถุแข็งเกร็งเมื่อเทียบกับเฟรมคงที่สามารถอธิบายได้ในหลายรูปแบบคือ

1. รูปแบบโคไซน์ทิศทาง (Direction Cosine)
2. รูปแบบมุมออยเลอร์ (Euler Angle)

โดยการอธิบายทิศทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็งในแต่ละรูปแบบจะมีข้อจำกัดอยู่ ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนรูปแบบในการอธิบายทิศทางของการเคลื่อนที่ในขณะที่ชิ้นส่วนมีการเคลื่อนไหวเพื่อหลีกเลี่ยงข้อจำกัดที่จะเกิดขึ้น

2.4.2.1 รูปแบบโคไซน์ทิศทาง

การอธิบายถึงการกำหนดทิศทางหรือการหมุนของวัตถุแข็งเกร็งนั้น จะต้องพิจารณาถึงการเคลื่อนที่ของเฟรมเคลื่อนไหว M เทียบกับเฟรมคงที่ F เมื่อกำหนดให้มีจุดคงที่หนึ่งจุด คือ จุดกำเนิด O ดังแสดงในรูปที่ 2.13 กำหนดให้ \mathbf{u} , \mathbf{v} และ \mathbf{w} คือเวกเตอร์หนึ่งหน่วยชี้ไปทิศของแกน U แกน V และ แกน W ของเฟรมเคลื่อนไหว M ตามลำดับ และเนื่องจากเวกเตอร์หนึ่งหน่วย \mathbf{u} , \mathbf{v} และ \mathbf{w} แสดง ตำแหน่งที่ระยะทางหนึ่งหน่วยจากจุดกำเนิดไปตามแกนของเฟรมเคลื่อนไหว M ดังนั้นเมื่อฉายเวกเตอร์ หนึ่งหน่วยนี้ ลงบนแกน X แกน Y และแกน Z ของเฟรมคงที่ F สามารถเขียนแสดงได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\mathbf{u} &= u_x \mathbf{x} + u_y \mathbf{y} + u_z \mathbf{z} \\ \mathbf{v} &= v_x \mathbf{x} + v_y \mathbf{y} + v_z \mathbf{z} \\ \mathbf{w} &= w_x \mathbf{x} + w_y \mathbf{y} + w_z \mathbf{z}\end{aligned}\tag{2.4}$$

เมื่อ u_x , u_y และ u_z คือส่วนประกอบของเวกเตอร์หนึ่งหน่วย \mathbf{u} ตามแนวแกน X แกน Y และแกน Z ตามลำดับ ซึ่ง v_x , v_y , v_z และ w_x , w_y , w_z สามารถอธิบายได้ในทำนองเดียวกัน เพราะฉะนั้นจุด P ไบนวัตถุแข็งเกร็ง ดังแสดงในรูปที่ 2.13 นั้นสามารถแสดงได้ในรูปแบบของเวกเตอร์บนเฟรมเคลื่อนไหว M ได้ดังนี้

$$\mathbf{p} = p_u \mathbf{u} + p_v \mathbf{v} + p_w \mathbf{w}\tag{2.5}$$

เมื่อ p_u , p_v และ p_w เป็นส่วนประกอบของเวกเตอร์ \mathbf{p} บนแกน U แกน V และ แกน W ของเฟรมเคลื่อนไหว M และเมื่อแทนค่า \mathbf{u} , \mathbf{v} และ \mathbf{w} จากสมการ (2.4) ลงในสมการ (2.5)

จะได้

$$\mathbf{p} = (p_u u_x + p_v v_x + p_w w_x)\mathbf{x} + (p_u u_y + p_v v_y + p_w w_y)\mathbf{y} + (p_u u_z + p_v v_z + p_w w_z)\mathbf{z} \quad (2.6)$$

เปรียบเทียบด้านขวามือของสมการ (2.2) กับด้านขวามือของสมการ (2.6) จะได้

$$\begin{aligned} p_x &= u_x p_u + v_x p_v + w_x p_w \\ p_y &= u_y p_u + v_y p_v + w_y p_w \\ p_z &= u_z p_u + v_z p_v + w_z p_w \end{aligned} \quad (2.7)$$

สมการ (2.7) สามารถเขียนในรูปแบบของเมทริกซ์ได้เป็น

$$[\mathbf{p}]_F = \mathbf{Q}[\mathbf{p}]_M \quad (2.8)$$

เมื่อ $[\mathbf{p}]_F$ และ $[\mathbf{p}]_M$ แสดงถึงเวกเตอร์ \mathbf{p} บนเฟรมคงที่ F และบนเฟรมเคลื่อนไหวกว M ตามลำดับและเมทริกซ์ \mathbf{Q} คือเมทริกซ์การหมุนหรือการเปลี่ยนตำแหน่งขนาด 3×3 ที่ใช้ในการแปลงรูปของเวกเตอร์ \mathbf{p} จากเฟรมเคลื่อนไหวกว M ไปอยู่บนเฟรมคงที่ F สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} [\mathbf{p}]_F &\equiv \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix}, \quad [\mathbf{p}]_M \equiv \begin{bmatrix} p_u \\ p_v \\ p_w \end{bmatrix}, \quad \mathbf{Q} \equiv \begin{bmatrix} u_x & v_x & w_x \\ u_y & v_y & w_y \\ u_z & v_z & w_z \end{bmatrix} \\ [\mathbf{p}]_F &= \begin{bmatrix} \mathbf{u}^T \mathbf{x} & \mathbf{v}^T \mathbf{x} & \mathbf{w}^T \mathbf{x} \\ \mathbf{u}^T \mathbf{y} & \mathbf{v}^T \mathbf{y} & \mathbf{w}^T \mathbf{y} \\ \mathbf{u}^T \mathbf{z} & \mathbf{v}^T \mathbf{z} & \mathbf{w}^T \mathbf{z} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2.9)$$

ส่วนประกอบของเวกเตอร์หนึ่งหน่วยเชิงตั้งฉาก \mathbf{u} , \mathbf{v} และ \mathbf{w} บนเฟรมคงที่ F จะเป็นไปตามเงื่อนไขเชิงตั้งฉากดังนี้

$$\begin{aligned} \mathbf{u}^T \mathbf{u} &= \mathbf{v}^T \mathbf{v} = \mathbf{w}^T \mathbf{w} = 1 \\ \mathbf{u}^T \mathbf{v} (\equiv \mathbf{v}^T \mathbf{u}) &= \mathbf{u}^T \mathbf{w} (\equiv \mathbf{w}^T \mathbf{u}) = \mathbf{v}^T \mathbf{w} (\equiv \mathbf{w}^T \mathbf{v}) = 0 \\ \mathbf{u} \times \mathbf{v} &= \mathbf{w}, \quad \mathbf{v} \times \mathbf{w} = \mathbf{u}, \quad \mathbf{w} \times \mathbf{u} = \mathbf{v} \end{aligned} \quad (2.10)$$

ดังนั้นเมทริกซ์การหมุน \mathbf{Q} ขนาด 3×3 เป็นเมทริกซ์ที่แสดงการกำหนดทิศทางของเฟรมเคลื่อนไหวกว M เมื่อเทียบกับเฟรมคงที่ F ที่ถูกเรียกว่าเมทริกซ์เชิงตั้งฉากที่มีคุณสมบัติดังนี้

$$\begin{aligned} \mathbf{Q}^T \mathbf{Q} &= \mathbf{Q} \mathbf{Q}^T = \mathbf{1} \\ \det(\mathbf{Q}) &= 1 \\ \mathbf{Q}^{-1} &= \mathbf{Q}^T \end{aligned} \quad (2.11)$$

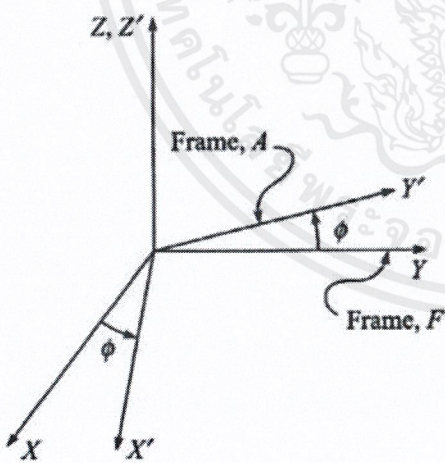
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมทริกซ์การหมุน Q ของเฟรมคงที่ F เมื่อเทียบกับเฟรมเคลื่อนไหวน M เขียนแทนได้โดยใช้สัญลักษณ์ Q' โดยที่ $Q' = Q^T$

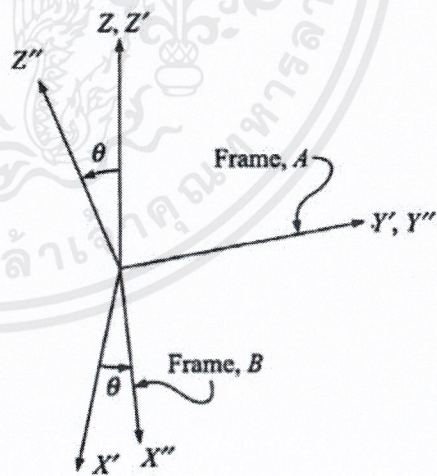
จากสมการ (2.9) แสดงให้เห็นว่าที่ตำแหน่ง (1,1) ของเมทริกซ์ Q คือฟังก์ชันโคไซน์ของมุม ระหว่างเวกเตอร์ u กับเวกเตอร์ x และที่ทุก ๆ ตำแหน่งของเมทริกซ์ Q ก็จะเป็นการคิดในลักษณะเช่นนี้ ดังนั้นเมทริกซ์การหมุน Q จึงถูกเรียกได้ว่าเป็นเมทริกซ์โคไซน์ทิศทาง

2.4.2.2 รูปแบบมุมออยเลอร์

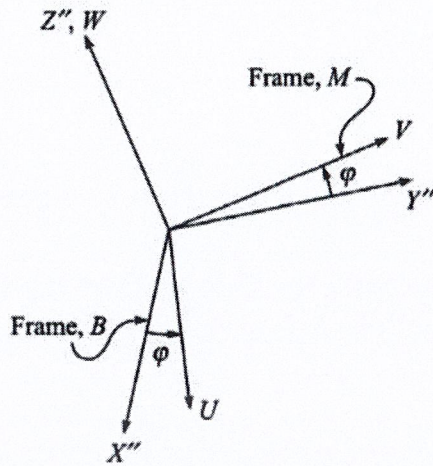
การกำหนดทิศทางโดยใช้รูปแบบมุมออยเลอร์นี้จะสร้างการกำหนดทิศทางจากการหมุนแกน พื้นฐานทั้งสามแกนเมื่อเทียบกับแกนของเฟรมปัจจุบัน รูปแบบมุมออยเลอร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด 12 รูปแบบที่แสดงลำดับของการหมุนแกนพื้นฐานทั้งสามแกนคือ XYZ, XZY, XZX, XYX, YXZ, YZX, YXY, YZY, ZXY, ZYZ, ZXZ, และ ZYX และการหมุนแกนแบบลำดับ ZYZ ถูกเลือกมาใช้ในการแสดงรูปแบบ มุมออยเลอร์ ซึ่งจะมีลักษณะการหมุนดังนี้คือ เฟรมคงที่ F จะถูกหมุนครั้งที่หนึ่งรอบแกน Z จะได้เฟรมของการหมุนครั้งนี้เป็นเฟรม A จากนั้น จากนั้นจะหมุนอีกเป็นครั้งที่สองรอบแกน Y ซึ่งคือแกน Y' ของ เฟรม A และจะได้เฟรมของการหมุนครั้งที่สองนี้เป็นเฟรม B และจะหมุนเป็นครั้งที่สามรอบแกน Z ซึ่งคือ แกน Z'' ของเฟรม B และจะได้เฟรมของการหมุนครั้งสุดท้ายคือเฟรม M



(ก) การหมุนรอบแกน Z



(ข) การหมุนรอบแกน Y แกน Y'



(ค) การหมุนรอบแกน Z แกน Z''

รูปที่ 2.13 รูปแบบมอยเลอร์โดยใช้การหมุนในลำดับ ZYZ

กำหนดให้ φ , θ และ ϕ เป็นมุมของการหมุนรอบแกน Z แกน Y' และแกน Z'' ตามลำดับ ดังนั้นมุมของการหมุนทั้งหมดสามครั้งสามารถเขียนแสดงได้ดังต่อไปนี้

หมุนครั้งที่ 1 โดยการหมุนเฟรม C ไปเป็นมุม ϕ โดยหมุนรอบแกน Z ดังแสดงในรูปที่ 2.14 (ก) และเมทริกซ์การหมุน Q_Z ซึ่งสามารถหาได้โดยใช้วิธีจากหัวข้อที่ผ่านมา เขียนได้เป็น

$$Q_Z \equiv \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi & 0 \\ \sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

หมุนครั้งที่ 2 โดยการหมุนเฟรม A ไปเป็นมุม θ โดยหมุนรอบแกน Y' ดังแสดงในรูปที่ 2.14 (ข) ซึ่งเมทริกซ์การหมุน $Q_{Y'}$ เขียนได้เป็น

$$Q_{Y'} \equiv \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

หมุนครั้งที่ 3 โดยการหมุนเฟรม B ไปเป็นมุม ϕ รอบแกน Z'' ดังแสดงในรูปที่ 2.14 (ค) และเมทริกซ์การหมุน $Q_{Z''}$ สามารถเขียนแสดงได้เป็น

$$Q_{Z''} \equiv \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi & 0 \\ \sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

เมทริกซ์การหมุนที่แสดงผลลัพธ์จากการหมุนทั้งหมดจนถึงเฟรม M นั้นเขียนแทนด้วย Q ซึ่งประกอบด้วยเมทริกซ์การหมุนทั้งสามคือ Q_Z , Q_Y และ Q_Z^* และสามารถคำนวณได้จากการนำเมทริกซ์ ทั้งสามมาคูณกันตามลำดับก่อนหลังดังนี้

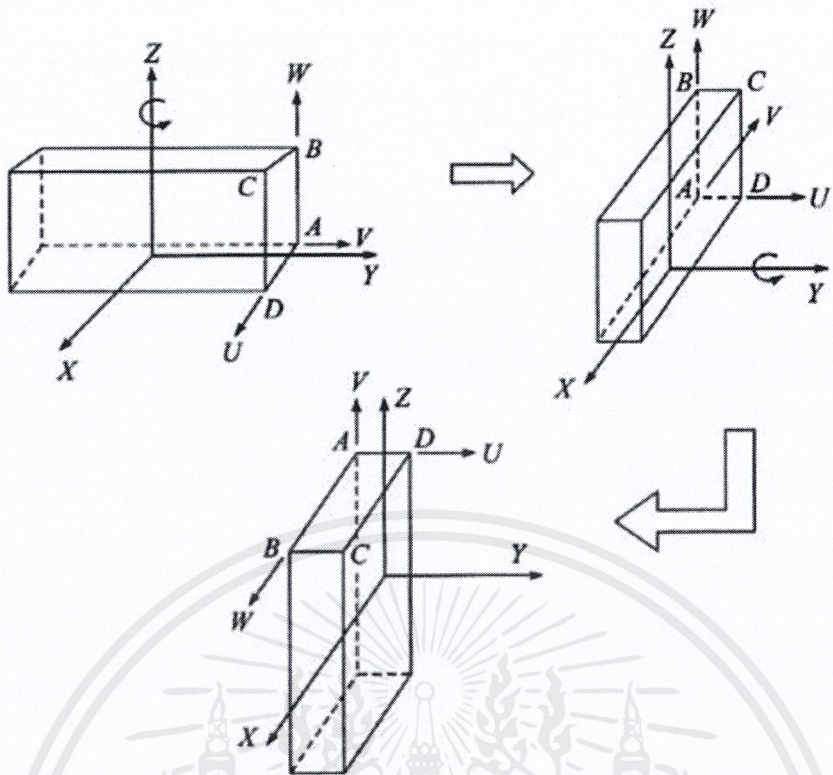
$$Q = Q_Z Q_Y^* Q_Z^* \quad (2.15)$$

และสมาชิกในเมทริกซ์ Q สามารถคำนวณได้ดังนี้

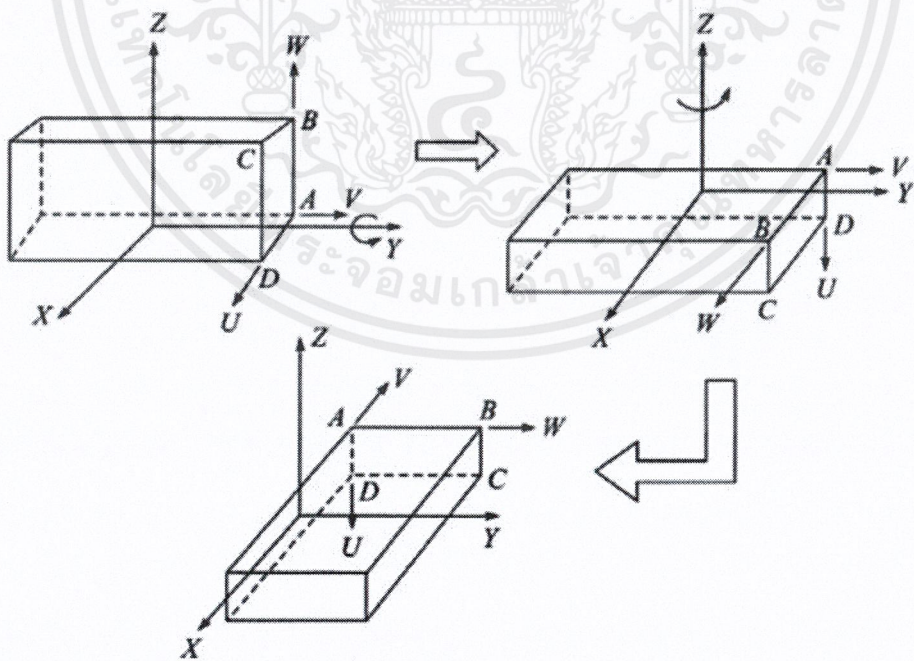
$$Q \equiv \begin{bmatrix} C\phi C\theta C\phi - S\phi S\phi & -C\phi C\theta S\phi - S\phi C\phi & C\phi S\theta \\ S\phi C\theta C\phi + C\phi S\phi & -S\phi C\theta S\phi + C\phi C\phi & S\phi S\theta \\ -S\theta C\phi & S\theta S\phi & C\theta \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

สิ่งที่สำคัญสำหรับรูปแบบการกำหนดทิศทางนั้นไม่ว่าจะเป็นรูปแบบทิศทางโคซายน์หรือรูปแบบมุมออยเลอร์หรือจะเป็นรูปแบบอื่น คือลำดับของการหมุนเฟรม ซึ่งลำดับของการหมุนเฟรมจะมีผลต่อความถูกต้องของเมทริกซ์การหมุน Q ยกตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.15 และรูปที่ 2.16 การหมุนกล่องรอบแนวแกน Z และจากนั้นจึงหมุนรอบแนวแกน Y จะได้ผลลัพธ์สุดท้ายที่แตกต่างจากการหมุนกล่องรอบแนวแกน Y ก่อนแล้วถึงจะหมุนรอบแนวแกน Z ซึ่งเมทริกซ์การหมุนของการหมุนกล่องเมื่อหมุนรอบแนวแกน Z ก่อนจะเขียนแทนด้วย Q_{ZY} และเมทริกซ์การหมุนของการหมุนกล่องเมื่อหมุนรอบแนวแกน Y ก่อนจะเขียนแทนด้วย Q_{YZ} จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์จะพบว่า

$$Q_{ZY} = Q_Y Q_Z = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \neq Q_{YZ} = Q_Z Q_Y = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.17)$$



รูปที่ 2.14 การหมุนกล่องรอบแนวแกน Z และรอบแนวแกน Y ตามลำดับ



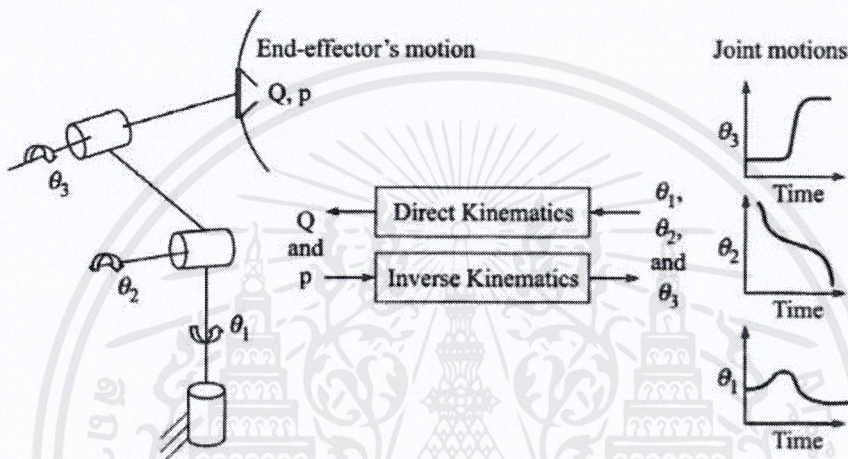
รูปที่ 2.15 การหมุนกล่องรอบแนวแกน Y และรอบแนวแกน Z ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ทฤษฎีจลนศาสตร์ของหุ่นยนต์

จลนศาสตร์ หรือที่เรียกว่า Kinematics เป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่ง (Position) ความเร็ว (Velocity) และความเร่ง (Accelerate) ของวัตถุ จลนศาสตร์ของแขนกลคือ การศึกษา ทางด้านเรขาคณิตโดยเฉพาะการเคลื่อนที่ของแขนกลในหุ่นยนต์โดยไม่คิด แรง รูปร่าง ขนาด และน้ำหนัก การศึกษาจะคำนวณหา ตำแหน่ง ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนไหวของแขนกลผ่าน ระบบก้านโยง (Linkages) หรือกลไก (ไกรวุฒิ หลีกคา, 2549)

จลนศาสตร์สำหรับหุ่นยนต์นั้น แบ่งเป็น 2 แบบ คือ



รูปที่ 2.16 จลนศาสตร์ผืนตรงและจลนศาสตร์ผกผัน

2.5.1 จลนศาสตร์แบบผืนตรง (Forward Kinematics)

จลนศาสตร์แบบผืนตรงบางครั้งเรียกว่า จลนศาสตร์ทางตรง (Direct Kinematics) จะ เป็น การ คำนวณหาตำแหน่งส่วนปลายของแขนกล (End Effectors) จากมุมของข้อต่อ (Joint Angle) หรือมุม ก้าน ต่อ (link) ของแขนกลที่เคลื่อนที่ไป สำหรับตำแหน่งส่วนปลายของแขนกลจะใช้ระบบพิกัด (Coordinate System) ในการอ้างอิง ซึ่งโดยทั่วไปนั้นระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian Coordinate System) มักจะ นิยม นำมาใช้อ้างอิงในการวิเคราะห์

เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมของข้อต่อกับตำแหน่งส่วนปลายของแขนกล การวิเคราะห์ จลนศาสตร์แบบไปข้างหน้าสำหรับแขนกลที่เคลื่อนที่ในระนาบ สามารถทำได้โดยใช้ วิธีการทางเรขาคณิต ซึ่งง่ายต่อการวิเคราะห์ โดยมองทุกก้านต่อให้อยู่ในระนาบเดียวกัน รูปที่ 2.6 แสดงแผนภาพของแขนกลที่ กำหนดให้เคลื่อนที่ในระนาบ $x - y$ เมื่อทำการวิเคราะห์หาตำแหน่งส่วนปลายของแขน กล ซึ่งก็คือตำแหน่ง ปลายสุดของก้านต่อที่ 3 (l_3) จากมุมของข้อต่อทั้ง 3 แกน ($\theta_1, \theta_2, \theta_3$) จะได้สมการการ เคลื่อนที่แบบ จลนศาสตร์แบบผืนตรง ดังสมการที่ (2.18), (2.19) และ (2.20)

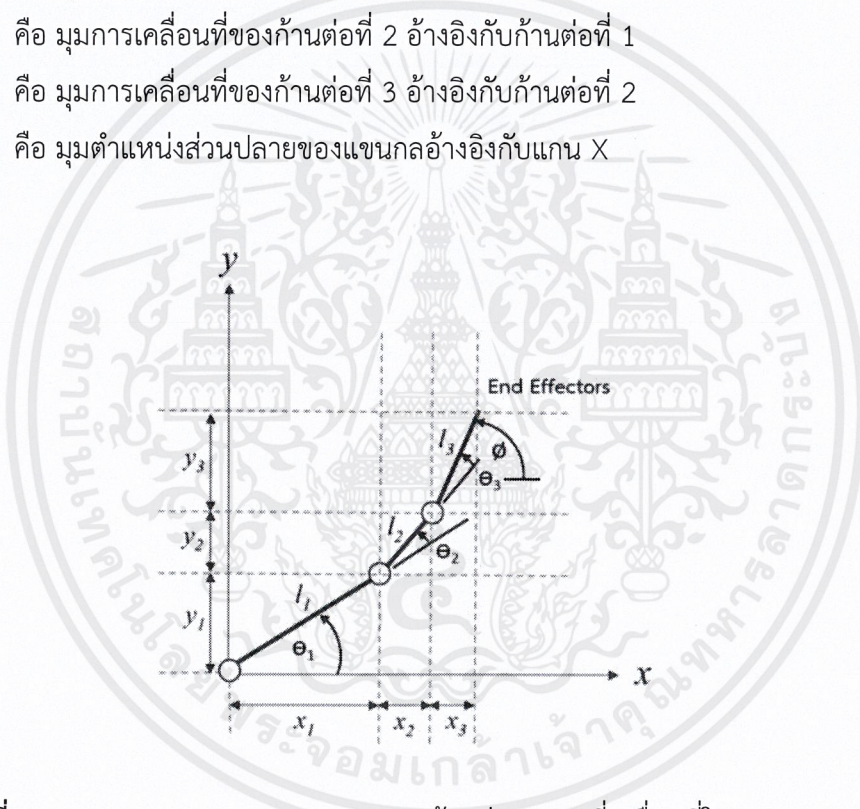
$$x = l_1 \cos(\theta_1) + l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) + l_3 \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \quad (2.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y = l_1 \sin(\theta_1) + l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) + l_3 \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \quad (2.19)$$

$$\phi = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 \quad (2.20)$$

- โดยที่ x คือ ระยะของตำแหน่งส่วนปลายของแขนกลในแนวแกน X
 y คือ ระยะของตำแหน่งส่วนปลายของแขนกลในแนวแกน Y
 l_1 คือ ความยาวของก้านต่อที่ 1
 l_2 คือ ความยาวของก้านต่อที่ 2
 l_3 คือ ความยาวของก้านต่อที่ 3
 θ_1 คือ มุมการเคลื่อนที่ของก้านต่อที่ 1 อ้างอิงกับแกน X
 θ_2 คือ มุมการเคลื่อนที่ของก้านต่อที่ 2 อ้างอิงกับก้านต่อที่ 1
 θ_3 คือ มุมการเคลื่อนที่ของก้านต่อที่ 3 อ้างอิงกับก้านต่อที่ 2
 ϕ คือ มุมตำแหน่งส่วนปลายของแขนกลอ้างอิงกับแกน X



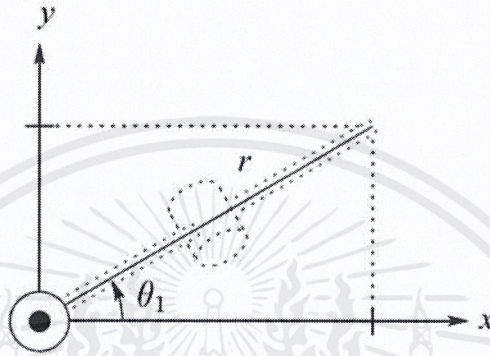
รูปที่ 2.17 แผนภาพของแขนกล 3 แกน 3 ก้านต่อ (link) ที่เคลื่อนที่ในระนาบ XY

2.5.2 จลนศาสตร์แบบผกผัน (Inverse Kinematics)

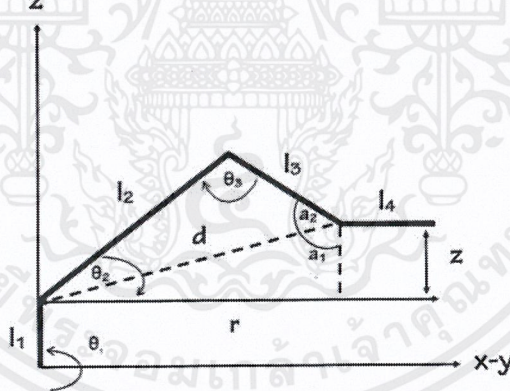
การคำนวณค่าตัวแปรของแต่ละข้อต่อ โดยกำหนดตำแหน่งที่ปลายของแขนกล วิธีการคำนวณจลนศาสตร์แบบผกผันนี้ ในบางครั้งมีได้หลายคำตอบ (Several solution) หรือไม่สามารถหาคำตอบ (No answer) ได้ การคำนวณนี้ค่อนข้างยุ่งยากกว่าการคำนวณจลนศาสตร์แบบไปข้างหน้า ซึ่งคำตอบของวิธีการ คำนวณจลนศาสตร์ผกผันนี้อาจเป็นได้ 2 รูปแบบคือ แบบปิด (Closed Form) และแบบคำนวณซ้ำเชิง ตัวเลข (Numerical Iterative Form) โดยวิธีการแบบปิดนั้นสามารถหาคำตอบให้อยู่ในรูปของฟังก์ชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งง่ายต่อการคำนวณหาค่า เพราะสามารถแทนค่าในตัวแปรของฟังก์ชัน โดยความยาวของแต่ละก้านโยง และตำแหน่ง เป้าหมาย ของหุ่นยนต์ถูกให้มา ทำให้สามารถคำนวณหามุมของแต่ละข้อต่อได้ วิธีนี้สามารถประยุกต์ใช้ในงาน ที่รู้ตำแหน่งเริ่มต้น และตำแหน่งสุดท้ายของปลายแขนกล เช่น การหยิบจับวัตถุของแขนกลในงานอุตสาหกรรม ซึ่งวิธีการแบบปิดนั้นในการหาค่าตอบ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ วิธีการพีชคณิต และวิธีเรขาคณิตส่วนวิธีการ แบบคำนวณซ้ำเชิงตัวเลขนั้นใช้วิธีสมมุติค่าตัวเลขเริ่มต้นแล้วทำซ้ำไป จนกว่าค่านั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2.18 ภาพฉายของแขนกลเมื่อมองด้านบน (Top view) ในระนาบ XY



รูปที่ 2.19 แผนภาพของแขนกล 4 แกน 4 ก้านต่อที่เคลื่อนที่ในระนาบ XYZ

การวิเคราะห์จลนศาสตร์แบบผกผันจะใช้วิธีเรขาคณิต เพื่อหามุมของข้อต่อทั้ง 4 แกน ($\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$) ที่เคลื่อนที่ในระนาบ XYZ ดังรูปที่ 2.18 แสดงภาพฉายของแขนกลในระนาบ XY ใช้ในการวิเคราะห์หามุมข้อต่อที่ 1 (θ_1) โดยไม่สนใจความสูงในแนวแกน z

รูปที่ 2.20 แสดงแผนภาพของแขนกลเมื่ออยู่ในระนาบ XYZ ใช้ในการวิเคราะห์หามุมข้อต่อที่ 2 (θ_2) ข้อต่อที่ 3 (θ_3) และข้อต่อที่ 4 (θ_4) ซึ่งได้สมการการเคลื่อนที่แบบจลนศาสตร์แบบผกผัน ดังสมการที่ (2.21), (2.22), (2.23) และ (2.24)

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \quad (2.21)$$

$$\theta_3 = \cos^{-1}\left(\frac{d^2 - l_2^2 - l_3^2}{-2 \times l_2 \times l_3}\right) \quad (2.22)$$

$$\theta_2 = (180^\circ - \theta_3 - \alpha_2) + (90^\circ - \alpha_1) \quad (2.23)$$

$$\theta_4 = 180^\circ - \alpha_2 - \alpha_1 \quad (2.24)$$

เมื่อ $d = \sqrt{z^2 + (r - l_4)^2}$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\alpha_1 = \cos^{-1}\left(\frac{z}{d}\right)$$

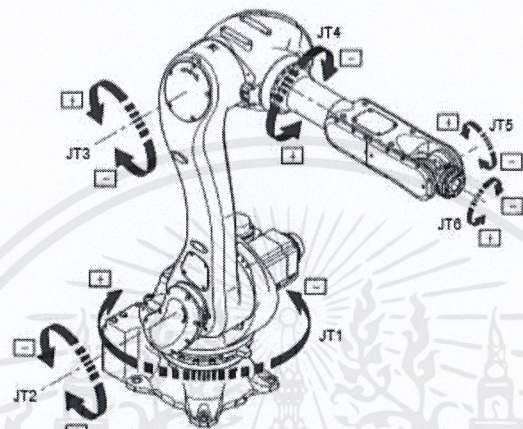
$$\alpha_2 = \cos^{-1}\left(\frac{l_2^2 - l_3^2 - d^2}{-2 \times l_2 \times d}\right)$$

- โดย
- x คือ ระยะของตำแหน่งส่วนปลายของแขนกลในแนวแกน X
 - y คือ ระยะของตำแหน่งส่วนปลายของแขนกลในแนวแกน Y
 - z คือ ระยะของตำแหน่งส่วนปลายของแขนกลในแนวแกน Z
 - d คือ ระยะจากมุม θ_2 กับ θ_4
 - r คือ ระยะจากมุม θ_2 ถึงวัตถุ
 - l_1 คือ ความยาวของก้านต่อที่ 1
 - l_2 คือ ความยาวของก้านต่อที่ 2
 - l_3 คือ ความยาวของก้านต่อที่ 3
 - l_4 คือ ความยาวของก้านต่อที่ 4
 - θ_1 คือ มุมการเคลื่อนที่ของก้านต่อที่ 1 อ้างอิงกับแกน X
 - θ_2 คือ มุมการเคลื่อนที่ของก้านต่อที่ 2 อ้างอิงกับแนวระนาบ XY
 - θ_3 คือ มุมการเคลื่อนที่ของก้านต่อที่ 3 อ้างอิงกับก้านต่อที่ 2
 - θ_4 คือ มุมการเคลื่อนที่ของก้านต่อที่ 4 อ้างอิงกับก้านต่อที่ 3

2.6 ระบบพิกัดจุดของหุ่นยนต์

2.6.1 ระบบพิกัดจุดแบบ Joint Coordinate

ระบบพิกัดจุด (องศา) ที่เกิดจากตำแหน่งของข้อต่อทุกข้อต่อ จะระบุตำแหน่งของจุดโดยใช้ค่ามุมในการหมุนของข้อต่อทั้ง 6 ข้อต่อ ซึ่งเป็นค่าที่หุ่นยนต์ต้องรักษาไว้เพื่อไปถึงตำแหน่งที่กำหนดด้วยกริปเปอร์

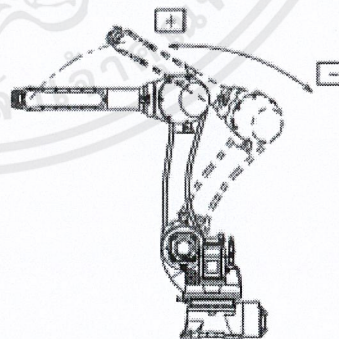
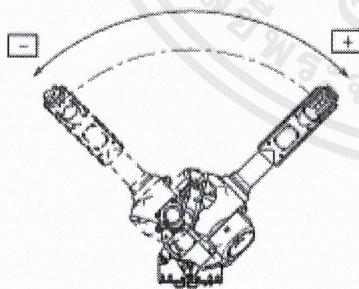


รูปที่ 2.20 ระบบพิกัดจุดแบบ Joint Coordinate

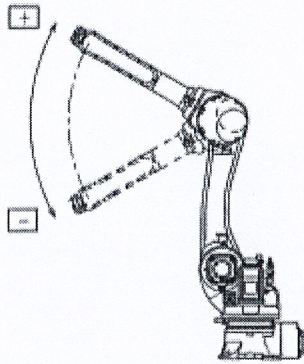
รูปแบบระบบพิกัดจุดแบบ Joint Coordinate แบบต่าง ๆ

JT1: Left and right rotation of arm

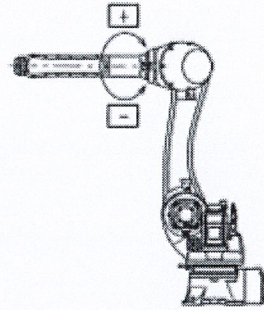
JT2: Back and forth motion of arm



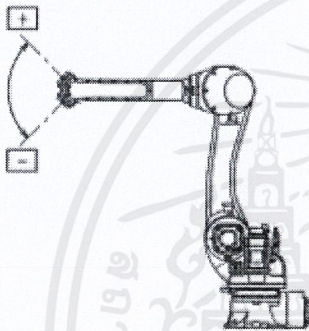
JT3: Up and down motion of arm



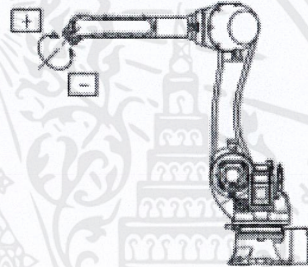
JT4: Rotation of wrist axis (1)



JT5: Rotation of wrist axis (2)



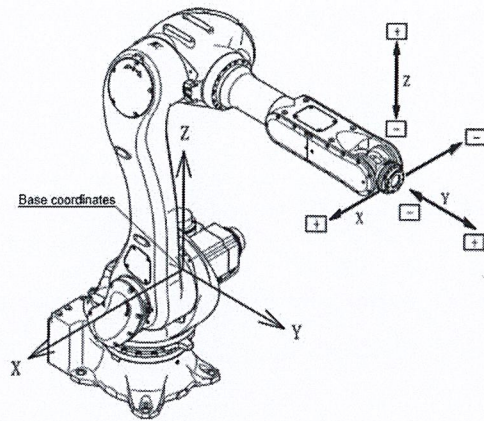
JT6: Rotation of wrist axis (3)



รูปที่ 2.21 รูปแบบระบบพิกัดแบบ Joint Coordinate

2.6.2 ระบบพิกัดแบบ Base Coordinate

Base coordinate หรือ Cartesian coordinate คือ ระบบพิกัดประกอบด้วยแกนที่ตั้งฉากกัน และมีจุดตัดที่เรียกว่า จุดกำเนิด (Origin) แกนสามในระบบพิกัดนี้ คือแกน X, Y และ Z ดังนั้นจุดใด ๆ จะถูกระบุตำแหน่ง (X, Y, Z) คือระยะทางระหว่างจุดใด ๆ กับจุดอ้างอิงของแกน X, Y และ Z



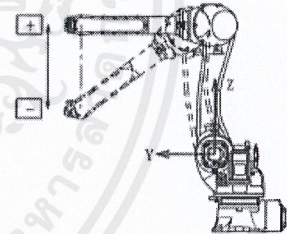
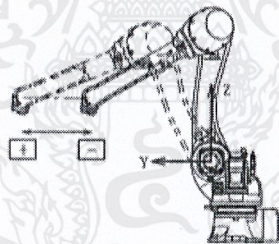
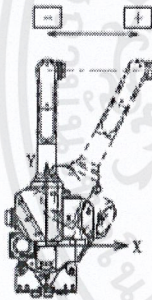
รูปที่ 2.22 ระบบพิกัดจุดแบบ Base Coordinate

รูปแบบระบบพิกัดจุดแบบ Base Coordinate แสดงทิศทางการเคลื่อนที่แบบ ตามเข็มนาฬิกา เป็นทางบวกของแต่ละรูปแบบการหมุน

X: Motion of arm parallel to base X coordinate (Wrist orientation is constant.)

Y: Motion of arm parallel to base Y coordinate (Wrist orientation is constant.)

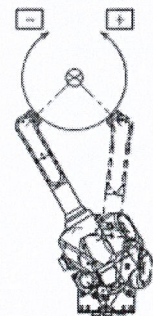
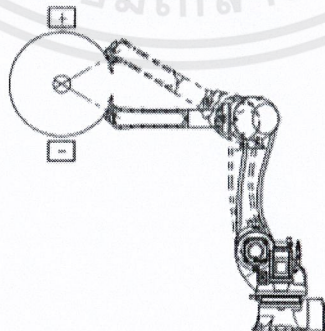
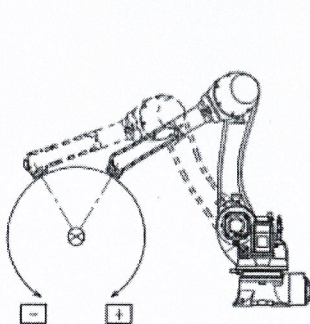
Z: Motion of arm parallel to base Z coordinate (Wrist orientation is constant.)



RX Rotation around base X coordinate (- dir. toward viewer) (Tool center point (TCP) does not move.)

RY Rotation around base Y coordinate (+ is JT2 forward dir.) (TCP does not move.)

RZ Rotation around base Z coordinate (+ dir. toward viewer) (TCP does not move.)



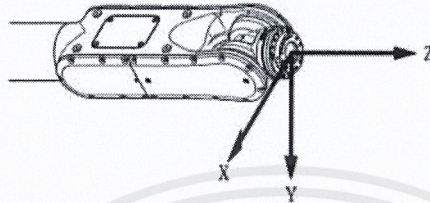
รูปที่ 2.23 รูปแบบระบบพิกัดจุดแบบ Base Coordinate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

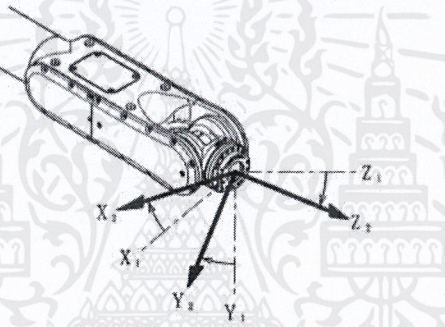
2.6.3 ระบบพิกัดจุดแบบ Tool Coordinate

Tool coordinate เป็นระบบพิกัดฉากที่อ้างอิงแกนที่หน้าแปลน (flange) ของหุ่นยนต์โดยระบบพิกัดนี้ สามารถควบคุมทิศทางของกริปเปอร์ได้ตามทิศของแกน ZE ทำให้สะดวกในการกำหนดทิศทางของการเดินของงาน เช่น ในงาน pick and place เป็นต้น

เมื่อแขนหุ่นยนต์อยู่ในแนวราบ



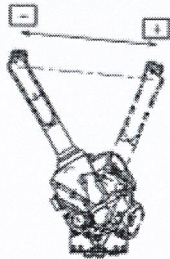
เมื่อแขนหุ่นยนต์แหงนลง



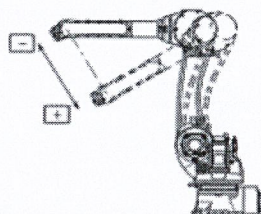
รูปที่ 2.24 ระบบพิกัดจุดแบบ Tool Coordinate

รูปแบบระบบพิกัดจุดแบบ Tool Coordinate แสดงทิศทางการเคลื่อนที่แบบ ตามเข็มนาฬิกาเป็นทางบวก ของแต่ละรูปแบบการหมุน

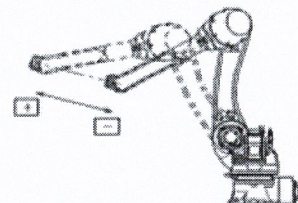
x: Motion of arm parallel to tool X coordinate (Wrist orientation is constant.)

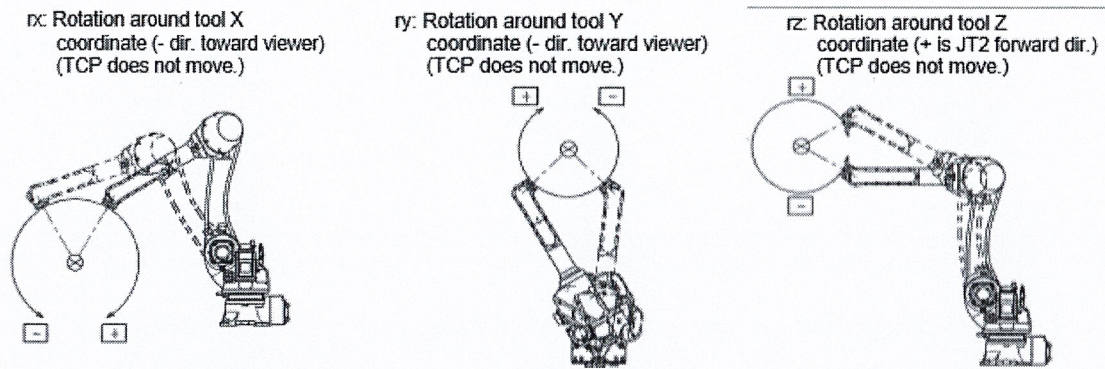


y: Motion of arm parallel to tool Y coordinate (Wrist orientation is constant.)



z: Motion of arm parallel to tool Z coordinate (Wrist orientation is constant.)





รูปที่ 2. 25 รูปแบบระบบพิกัดจุดแบบ Tool Coordinate

2.7 โปรแกรม LabVIEW

LabVIEW หรือ Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench หมายถึง เครื่องมือวัดเสมือนจริงสำหรับห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม LabVIEW เป็นซอฟต์แวร์ที่สร้างและพัฒนาขึ้นมาโดยบริษัท National Instruments เพื่อใช้พัฒนาแอปพลิเคชันทางด้านการวัด ทดสอบ และควบคุมสำหรับงานทางด้านวิศวกรรม

การเขียนโปรแกรมด้วย LabVIEW เป็นการเขียนโปรแกรมด้วยภาษารูปภาพ (Graphical Language) ที่อาศัยหลักการเขียนโปรแกรมแบบการไหลของข้อมูลหรือ Data Flow ซึ่งคล้าย คลึงกับการทำงานของบล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) ที่มีการไหลเข้า (Input) ของ ข้อมูล และการไหลออก (Output) ของข้อมูลของบล็อกไดอะแกรม โดยจะทำงานจากบล็อก ไดอะแกรมหนึ่งไปยังอีก บล็อกไดอะแกรมหนึ่งต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะครบทุกบล็อกไดอะแกรม โดยการเขียนแบบนี้ วิศวกรส่วนใหญ่จะมีความคุ้นเคยอยู่แล้ว ซึ่งจะแตกต่างจากการเขียน โปรแกรมปกติทั่วไปในรูปแบบตัวหนังสือ หรือ Text Base ที่อาศัยหลักการเขียนโปรแกรม เป็นตัวหนังสือ ที่ละบรรทัด จากบนลงล่าง ยกตัวอย่างเช่น ภาษา C หรือ เบสิก เป็นต้น LabVIEW เป็นโปรแกรมประเภท GUI (Graphical User Interface) ซึ่งเป็นการเขียน โปรแกรมติดต่อระหว่างส่วนเชื่อมต่อกับส่วนผู้ใช้และอุปกรณ์ภายนอกอื่นเพื่อใช้ในการวัด ทดสอบ และควบคุม

2.7.1 ส่วนประกอบของ LabVIEW

หลังจากติดตั้ง LabVIEW และไดรฟ์เวอร์เสร็จตามขั้นตอนแล้ว เมื่อเริ่มเปิด LabVIEW มาที่หน้าแรก (Getting Started) เราสามารถเริ่มต้นทดลองเขียน LabVIEW ได้ทันที โดยให้คลิกที่ Blank VI ซึ่งจะ ทำให้ได้ VI เปล่าขึ้นมา และเราจะเรียกไฟล์ LabVIEW ว่า VI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



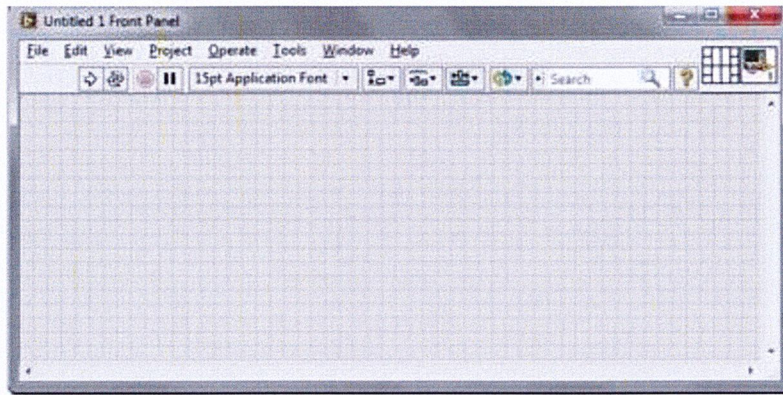
รูปที่ 2.26 หน้าต่างเริ่มต้นการตั้งค่า

ไฟล์ LabVIEW VI มีนามสกุลเป็น .vi ซึ่งไฟล์นี้ไฟล์เดียวจะประกอบด้วยสองหน้าต่าง คือ หน้าต่างสำหรับงาน user interface ที่พื้นเป็นตารางสี่เหลี่ยมซึ่งเรียกว่า Front Panel และหน้าต่างพื้นเป็นสีขาวสำหรับเขียนโค้ดรูปภาพ เรียกว่า Block Diagram

2.7.1.1 Front Panel

Front Panel เป็นส่วนที่ใช้สื่อความกันระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม (หรือที่นิยมเรียก User Interface) โดยทั่วไปจะมีลักษณะเหมือนกับหน้าปัทม์ของของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้งานด้านการวัดต่างๆ ไป โดยทั่วไปจะประกอบด้วย สวิตช์ปิด-เปิด, ปุ่มบิด, ปุ่มกด, จอแสดงผลหรือแม้แต่ค่าที่ผู้ใช้สามารถกำหนด Object ที่อยู่บน Front Panel จะมีอยู่สามประเภท คือ

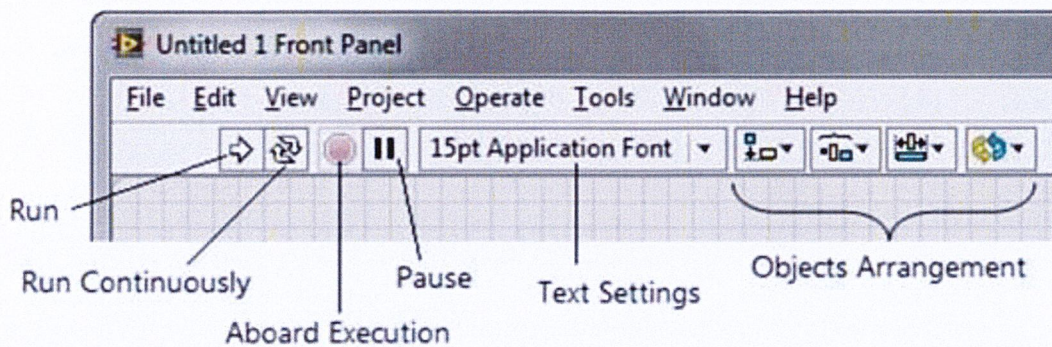
- Control คือประเภทที่รับค่าจากผู้ใช้ (Input) ซึ่งผู้ใช้สามารถพิมพ์ค่าลงไป หรือใช้เมาส์คลิกเพื่อเปลี่ยนแปลงค่าได้ เช่น ปุ่มหมุน, ปุ่มเลื่อน, สวิตช์ เป็นต้น
- Indicators คือประเภทที่ใช้แสดงค่าต่างๆเท่านั้น (Output) ผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขได้ เช่น กราฟ, มิเตอร์, LED
- Decorations เป็น Object ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทำงานและโค้ดบน Block Diagram เลยแต่มีไว้เพื่อความสวยงามเป็นระเบียบของ Front panel เท่านั้น



รูปที่ 2.27 หน้าต่าง Front Panel ของโปรแกรม

แถบเครื่องมือบน Front Panel ประกอบไปด้วยปุ่มต่าง ๆ ดังนี้

- Run สัญลักษณ์เป็นรูปลูกศรชี้ไปทางขวา ใช้สำหรับเริ่มรันโปรแกรม แต่ถ้าโค้ดยังไม่สมบูรณ์ ปุ่มนี้จะกลายเป็นสัญลักษณ์ลูกศรแตก และถ้ากด เราจะได้รายการของข้อผิดพลาดต่าง ๆ เช่น ยังต่อสายไม่ครบ เป็นต้น
- Run Continuously สำหรับสิ่งรันแบบวนซ้ำต่อเนื่อง ใช้ในกรณีที่ต้องการทดสอบโค้ดเล็ก ๆ แต่ไม่ควรใช้ถ้าไม่แน่ใจว่าโค้ดที่จะทดลองรันทำงานอย่างไร เพราะอาจจะทำให้หยุดโปรแกรมไม่ได้และต้องสั่งปิดด้วยวินโดวส์ จึงต้องระมัดระวังการใช้ปุ่มนี้
- Abort Execution ใช้สำหรับยกเลิกการรันแบบทันที ควรใช้ในกรณีที่ไม่สามารถหยุดด้วยวิธีอื่นได้ ซึ่งอาจจะทำให้โปรแกรมหยุดกลางคันอย่างไม่สมบูรณ์ในกรณีที่มีการเปิดเรียกใช้ resource เช่น การเปิดไฟล์ หรือการเรียกฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ
- Pause ใช้เมื่อต้องการหยุด VI ชั่วคราว และเมื่อกดซ้ำ, VI จะรันต่อไป
- Text Settings ใช้สำหรับจัดการเกี่ยวกับตัวบทความนี้ เช่น ฟอนต์ ขนาด สี เป็นต้น
- Objects Arrangement สีปุ่มนี้ใช้สำหรับการจัดเรียง object ให้เป็นระเบียบ และการจัดเรียงลำดับหน้าหลังในกรณีที่เราวาง object ทับซ้อนกัน



รูปที่ 2.28 ส่วนประกอบ Front Panel

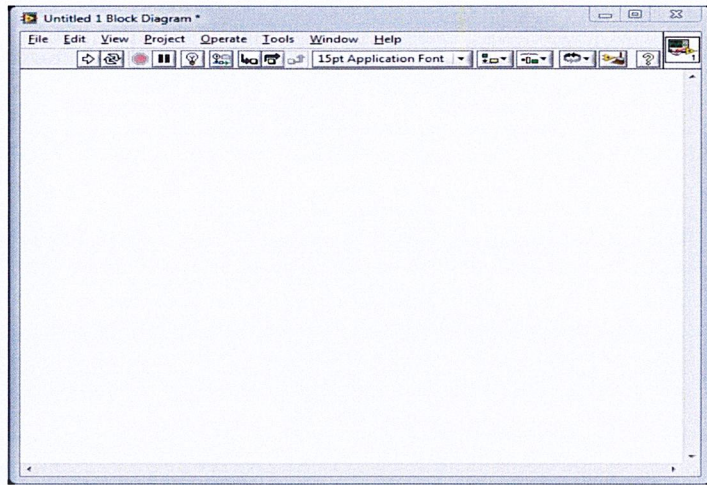
ถ้าทดลองคลิกขวาตรงพื้นที่ว่างของ Front Panel อุปกรณ์สำหรับการสร้าง user interface ที่เรียกว่า Controls Palette ซึ่งจะมี object ถูกแบ่งเก็บไว้หลายรูปแบบ คือ Modern, Silver, System, และ Classic

- Modern เป็นรูปแบบที่แสดงแสงเงาของ object เป็นแบบสามมิติ (บทความนี้เล่มนี้จะใช้แบบนี้เป็นหลัก)
- Silver เป็นรูปแบบที่ออกมาใหม่ เพื่อให้ดูแปลกตาและทันสมัยมากขึ้น
- System ใช้การเลียนแบบ object ของวินโดวส์ โดย object ในรูปแบบนี้จะมีสีและลักษณะแบบเดียวกับรูปแบบของวินโดวส์บนเครื่องนั้น ๆ ซึ่งถ้าเขียนหน้า Front Panel ด้วย object ในรูปแบบนี้ทั้งหมด ผู้ใช้อาจจะดูไม่ออกว่าโปรแกรมเขียนมาจาก LabVIEW
- Classic เป็น object ที่แสดงด้วยกราฟิกง่าย ๆ ไม่มีแสงเงา วัตถุประสงค์เพื่อช่วยลดการทำงานของส่วนแสดงกราฟิกของพีซี

ในแต่ละรูปแบบก็จะแบ่งเป็นชุดตามประเภทของข้อมูล เช่น ส่วนข้อมูล Numeric ภายในก็จะมี object สำหรับแสดงหรือป้อนค่าตัวเลข, มิเตอร์เข็ม, เทอร์โมมิเตอร์, ปุ่มปรับวอลุ่ม, ระดับน้ำ เป็นต้น ถ้าเป็น Boolean จะมีปุ่มและสวิตช์แบบต่าง ๆ และ LED เป็นต้น

2.7.1.2 Block Diagram

Block Diagram นี้เป็นเสมือนกับ Source Code หรือ โปรแกรมของ LabVIEW ซึ่งปรากฏว่าอยู่ในรูปของภาษา G ซึ่ง Block Diagram นี้ ถือว่าเป็น Executable Program คือสามารถที่จะทำงานได้ทันที และข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ LabVIEW จะมีการตรวจสอบความ ผิดพลาดของโปรแกรมตลอดเวลา ทำให้โปรแกรมจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อไม่มีข้อผิดพลาดในโปรแกรมเท่านั้น โดย ผู้ใช้สามารถที่จะดูรายละเอียดของความผิดพลาดแสดงให้เห็นได้ตลอดเวลาทำให้การเขียนโปรแกรมนั้นง่ายขึ้น



รูปที่ 2.29 หน้าต่าง Block Diagram ของโปรแกรม

ส่วนประกอบภายใน Block Diagram นี้จะประกอบด้วย ฟังก์ชัน ค่าคงที่ โปรแกรมควบคุมการทำงานหรือโครงสร้าง จากนั้นในแต่ละส่วนเหล่านี้ ซึ่งจะปรากฏในรูปของ Block เราจะได้รับการต่อสาย (Wire) สำหรับ Block ที่เหมาะสมเข้าด้วยกัน เพื่อกำหนดลักษณะการไหลของข้อมูลระหว่าง Block เหล่านั้น ทำให้ข้อมูลได้รับการประมวลผลตามที่ต้องการและแสดงผลออกมาให้แก่ผู้ใช้ต่อไป

2.7.1.3 Block Diagram Node

Block Diagram Node คือรูป Icon ที่อยู่บน Block Diagram ซึ่งมี Input และ/หรือ Output และ จะทำงานตามหน้าที่เมื่อมีการรันโปรแกรม โดรนแบ่งเป็นสามชนิดหลัก

- Function คือ Node ที่มีหน้าที่พื้นฐานของคอมพิวเตอร์ ซึ่งเราไม่สามารถที่จะเจาะเข้าไปดูรายละเอียดภายในได้อีก เช่น การบวก การคูณ
- SubVIs หรือในภาษาทางซอฟต์แวร์อาจจะเรียกว่า Subroutine หรือ Subprogram คือโปรแกรมย่อยที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อถูกนำมาเรียกใช้ในอีกโปรแกรมหนึ่ง เราสามารถเปิดเข้าไปดู front panel และ block diagram ได้เมื่อ double click ที่ Icon ของมัน
- Express VIs เป็น SubVIs ประเภทพิเศษคือเมื่อเลือก Express VI มาวางบน Block Diagram จะปรากฏหน้าต่าง Configuration ขึ้นมาเพื่อให้เราเข้าไปป้อนค่า Parameters ต่าง ๆ ตามต้องการ และเมื่อเราป้อนค่าเสร็จ ก็จะสร้างโค้ดไว้ภายในอัตโนมัติตามที่เราได้ตั้งค่าไว้ ซึ่งความสามารถของ Express VI ไม่จำเป็นต้องต่อสาย Input เลยเพราะ Parameter ทั้งหมดได้ถูกสร้าง ขึ้นมาแล้วถูกเก็บไว้ภายใน

2.7.2 ประเภทของข้อมูล

ในการเขียนโปรแกรมทั่ว ๆ ไปจะต้องมีการประกาศตัวแปรก่อนที่จะใช้ตัวแปรนั้น แต่สำหรับโปรแกรม LabVIEW มันจะจัดการให้เองหมดโดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทำเอง เพียงแค่เลือกประเภทของข้อมูลที่มา วางบนโค้ดให้ถูกต้องเท่านั้น ประเภทของข้อมูลภายใน LabVIEW ก็มีหลายอย่างที่เหมือนกับโปรแกรมใน

ภาษาอื่น ๆ และยังมีอีกบางประเภทที่ใช้ใน LabVIEW เท่านั้น โปรแกรม LabVIEW แบ่งข้อมูลเป็น 6 ชนิด ดังนี้คือ

1. Numeric คือข้อมูลประเภทตัวเลข มีทั้งจำนวนเต็มซึ่งใน Block Diagram จะเห็นเป็นสีน้ำเงิน และ จำนวนทศนิยมจะเห็นเป็นสีส้ม

2. Boolean คือข้อมูลประเภทที่มีสองค่า คือ True และ False บน Block Diagram จะแสดงข้อมูล เป็นสีเขียว และสำหรับ Front Panel ตัว Boolean จะมีลักษณะสวิตช์อยู่ 6 รูปแบบ คือ

- Switch When Pressed คือ สวิตช์แบบกดติด-กดดับ
- Switch When Released คือ สวิตช์แบบกดติด-กดดับ แต่จะมีผลเมื่อปล่อยมือแล้ว
- Switch Unit Released คือ สวิตช์แบบกดติด-ปล่อยดับ
- Latch When Pressed คือ สวิตช์จะเปลี่ยนค่าทันทีเมื่อกด แล้วจะตั้งกลับเป็นค่าเดิมเองเมื่อ โปรแกรมรับรู้ ถึงแม้ว่าจะยังไม่ปล่อยมือก็ตาม
- Latch When Released คือ หลังจากกดแล้วสวิตช์จะเปลี่ยนค่าก็ต่อเมื่อปล่อยมือ แล้วตั้งกลับ ค่าเดิมเมื่อโปรแกรมรับรู้
- Latch Unit Released คือ คล้ายกับแบบกดติด-ปล่อยดับ แต่จะมีการรอให้โปรแกรมอ่านค่า ตอนปล่อยมือก่อน แล้วเปลี่ยนกลับเป็นค่าเดิม

3. String คือข้อมูลประเภทที่เป็นตัวอักษร Icon จะแสดงเป็นสีชมพูสำหรับการแสดงผลจะมีอยู่ 4 แบบ คือ

- Normal Display คือ การแสดงปกติ
- Code Display คือ การแสดงแบบโค้ดมีประโยชน์สำหรับแสดงตัวอักษรที่ตาเปล่ามองไม่เห็น การเว้นวรรค แทบ หรือการขึ้นบรรทัดใหม่
- Password Display คือ การแทนตัวอักษรด้วย *
- Hex Display คือ การแสดงผลเป็นรหัสเลขฐานสิบหก

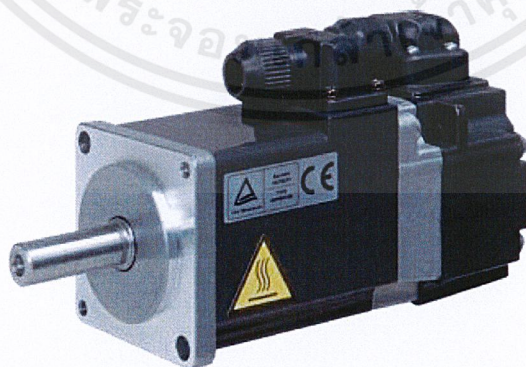
4. Enum คือ ข้อมูลประเภทแสดงให้ผู้ใช้เห็นเป็นตัวหนังสือ แต่ค่าจริงของมันคือตัวเลข ดังนั้นบน Block Diagram เราจึงมองเห็นข้อมูลประเภทนี้เป็นสีน้ำเงิน ซึ่งเหมือนกับจำนวนเต็ม

- Dynamic เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของเวฟฟอร์มสัญญาณ บน Block Diagram ถูกแสดงด้วยสีน้ำเงินเข้มซึ่งภายในจะประกอบด้วย Array ของเวฟฟอร์ม Time Stamp ชื่อของสัญญาณ ข้อมูล ประเภท Dynamic นี้ส่วนใหญ่ใช้ใน Express VI จำพวกการอ่าน กำเนิด และวิเคราะห์สัญญาณ
- Time Stamp เป็นข้อมูลที่ประกอบด้วยวันที่ และเวลาที่มีความละเอียดถึงมิลลิวินาที Time Stamp บน Block diagram จะมีหน้าต่างที่เป็นสีน้ำตาลเส้นหน้า สามารถนำมาแปลงให้เป็น วันที่ เวลา แบบ String ได้

2.8 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ (State) ทั้งระยะ ความเร็ว มุมการหมุน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานนั้น ๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว (Speed), ควบคุมแรงบิด (Torque), ควบคุมแรงต้าน (Position), ระยะทางในการเคลื่อนที่ (มุม) (Position Control) ของตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้ โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง

ขนาดของเซอร์โวมอเตอร์จะมีหน่วยในการบอกขนาดเป็นวัตต์ (Watt) Servo Motor ของ Panasonic จะมีขนาดตั้งแต่ 50W-15kW ทำให้ผู้ใช้งานมีความหลากหลายในการใช้งาน

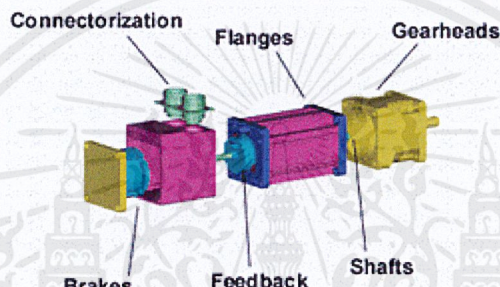


รูปที่ 2.30 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

2.8.1 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์

ข้อจำกัดอย่างหนึ่งของระบบควบคุมเซอร์โว ก็คือการใช้งานจะต้องเป็นแบบ Closed loop เท่านั้น การใช้งานระบบควบคุมเซอร์โวไม่สามารถเลือกควบคุมเป็นแบบ Open loop ได้เหมือนกันระบบขับเคลื่อนเอซี (AC Drives) การตอบสนองของระบบเซอร์โว เช่น อัตราเร่ง แรงบิด และตำแหน่งที่ควบคุม จะไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์หากไม่มีสัญญาณป้อนกลับไปยังชุดขับเคลื่อนเซอร์โว

การควบคุมการทำงานในระบบนี้ อุปกรณ์ป้อนกลับหรือเอ็นโค้ดเตอร์ (Encoder) จะมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งเสมือนกับเป็นของคู่กันชนิดที่เรียกว่าขาดซึ่งกันและกันไม่ได้ ในทางปฏิบัติจึงทำเซอร์โวมอเตอร์และ เอ็นโค้ดเตอร์ ถูกออกแบบและผลิตสร้างขึ้นมาคู่กันในลักษณะเป็นแพ็คเกจ (Package ซึ่งมี Encoder ติดอยู่ที่ส่วนท้ายของมอเตอร์ ดังรูป



รูปที่ 2.31 โครงสร้างของ Servo Motor

Gearheads คือ เกียร์สำหรับลดความเร็วรอบเพื่อเพิ่มแรงบิด

Shafts คือ เพลาของมอเตอร์

Flanges คือ หน้าแปลนสำหรับติดตั้งมอเตอร์

Feed back คือ อุปกรณ์ป้อนกลับหรือ encoder

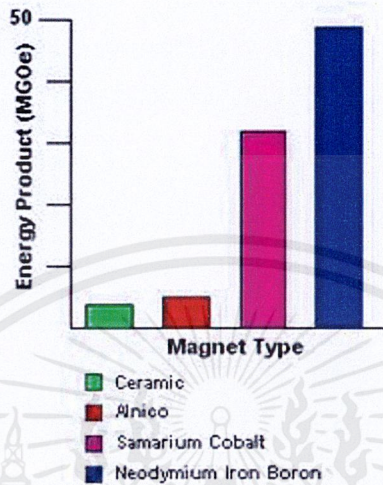
Connectorization คือ ขั้วต่อสายไฟเข้ามอเตอร์ และขั้วต่อสายสำหรับ Encoder

Brakes คือ ชุดเบรก

โครงสร้างของ AC servo Motor จะคล้ายกับมอเตอร์ 3 เฟสทั่ว ๆ ไป ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ สเตเตอร์และโรเตอร์ โดยสเตเตอร์จะประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด ขดลวดภายในจะต่อเป็นแบบสตาร์ (Star หรือ WYE) และมีสายต่อมาที่ขั้วต่อสายด้านนอก 3 เส้น (จุดนิวทรัลจะอยู่ด้านใน) ส่วนโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) ไม่มีขดลวดพัน, ไม่มีคอมมิวเตเตอร์ และไม่มีแปรงถ่าน (Brushless)

โครงสร้างที่ไม่มีขดลวดพันไม่และแปรงถ่าน จะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์สูงขึ้น ไม่มีการสูญเสียในขดลวดทองแดง ไม่ต้องบำรุงรักษาเนื่องจากแปรงถ่าน ไม่เกิดประกายไฟเนื่องจากการเรียงกระแสจากแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์ไปยังขดลวดทองแดงที่พันอยู่ในตัวโรเตอร์

สำหรับวัสดุที่นำมาสร้างแม่เหล็กถาวรนี้จะแตกต่างกันไป โดยขึ้นอยู่กับราคาและเทคโนโลยีของบริษัทผู้ผลิตนั้น ๆ ซึ่งมีตั้งแต่ชนิดที่ราคาถูกเช่น เซรามิก (เฟอไรต์) จนถึงการใช้วัสดุที่มีราคาแพงอย่างเช่น ซามาเรียม โคบอลต์ หรือ นีโอไดเมียม เป็นต้น (ปัจจุบันเอซีเซอร์โวมอเตอร์ส่วนใหญ่จะใช้วัสดุสารแม่เหล็กแบบ นีโอไดเมียม เนื่องจากมีคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็ก และความเหมาะสมเรื่องราคาดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุสารแม่เหล็กแบบอื่น ๆ

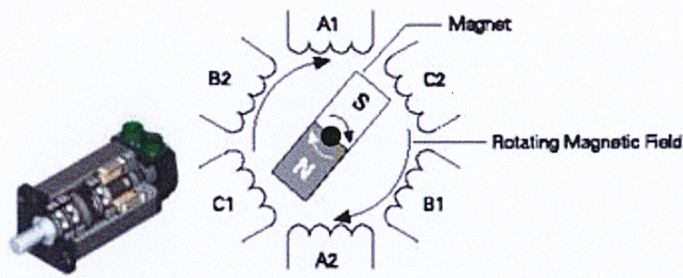


รูปที่ 2.32 แผนภูมิแสดงวัสดุที่นำมาสร้างแม่เหล็กถาวร

2.8.2 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้จะคล้ายกับการทำงานของซิงโครนัสมอเตอร์ 3 เฟส กล่าวคือ เมื่อมีการควบคุมให้คอนโทรลเลอร์จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่สเตเตอร์ แกนเหล็กของสเตเตอร์จะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า และหมุนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แปรผันตามความถี่ ซึ่งเรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส (synchronous speed) หรือความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน และจะดูดให้โรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรหมุนเคลื่อนที่ตาม

จากลักษณะโครงสร้างของโรเตอร์และหลักการทำงานที่เหมือนกับซิงโครนัสมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบเอซี แต่ไม่มีแปรงถ่าน (Brushless) ไม่มีซีคอมมิวเตอเรเตอร์ จึงทำให้มอเตอร์ชนิดนี้มีชื่อเรียกขานแตกต่างกันออกไป เช่น เรียกทับศัพท์ว่า Permanent Magnet Synchronous Motor(PMSM) ซึ่งหมายถึงซิงโครนัสมอเตอร์ที่ไม่มีแปรงถ่าน บ้างก็เรียกว่าเอซีเซอร์โวมอเตอร์ (AC Servo motor) หรือ AC Brushless หรือ Brushless Motor เป็นต้น



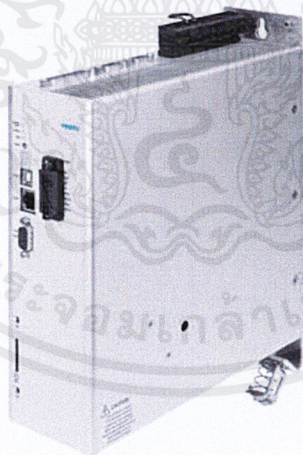
รูปที่ 2.33 โครงสร้างและการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

2.8.3 องค์ประกอบในการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การทำงานเพียงตัว Servo Motor เพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถทำงานได้ การที่จะให้ Servo Motor จะควบคุมลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นนั้นต้องมีองค์ประกอบดังนี้

1. คอนโทรลเลอร์ (Controller)

หลักการทำงานหลักๆ หน้าที่ของ Controller คือ มีหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานว่าต้องการให้ Servo Motor นั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไรและระยะทาง ไกลหรือใกล้แค่ไหน หน้าที่ตรงจุดนี้จะเป็น Controller จะเป็นตัวกำหนดให้กับตัว Servo Motor

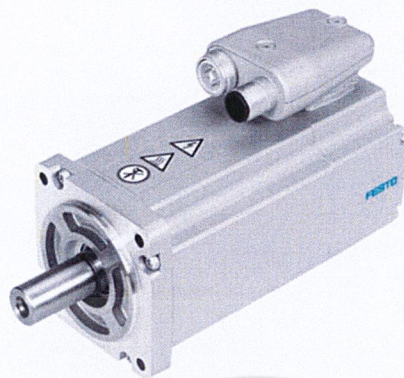


รูปที่ 2.34 คอนโทรลเลอร์ของเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ในโรงงาน

2. เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

หน้าที่ของเซอร์โวมอเตอร์ คือ ขับเคลื่อนอุปกรณ์ของเครื่องจักรกลหรือระบบของการทำงานนั้น ๆ ให้เป็นไปตามรูปแบบที่ ได้รับคำสั่งจากตัว Servo Driver พร้อมกับส่งสัญญาณป้อนกลับให้กับตัว Servo Driver ว่าตอนนี้ Servo Motor เคลื่อนที่ด้วย ความเร็วเท่าไรและระยะทางในการเคลื่อนที่เป็นระยะทาง

เท่าไรแล้ว ด้วยสัญญาณของตัว Encoder ที่อยู่ภายในตัว Servo Motor ทำให้การเคลื่อนที่ของ Servo Motor นั้นมีความแม่นยำสูง



รูปที่ 2.35 เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ในโรงงาน



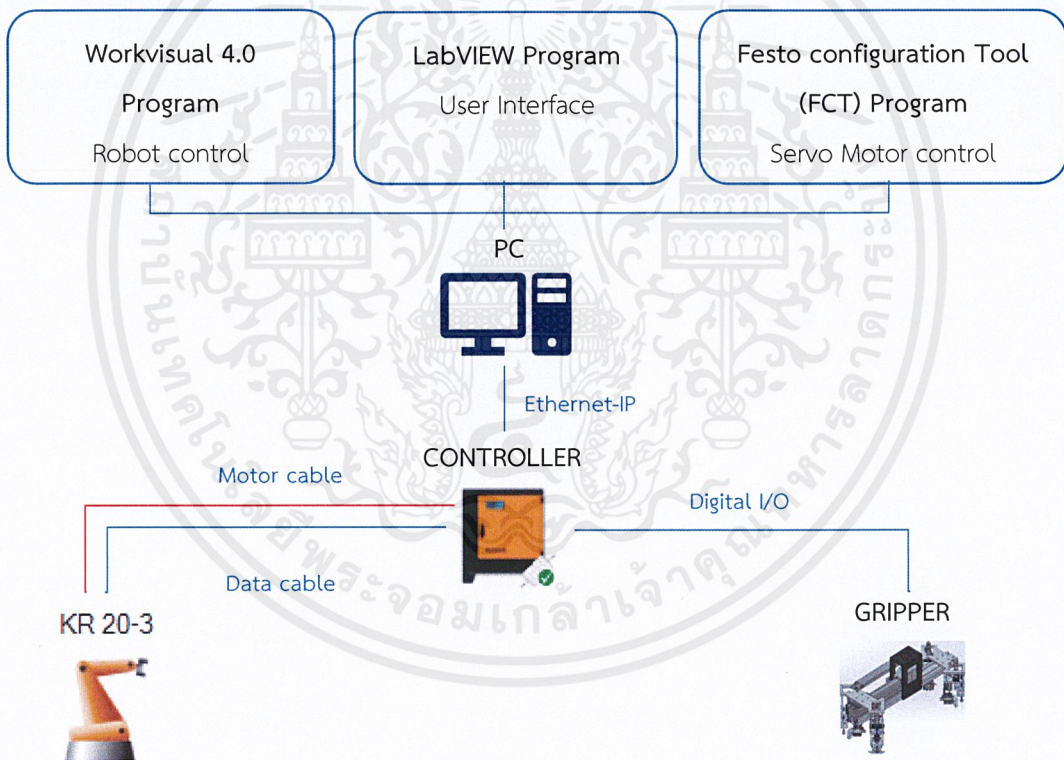
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 กล่าวนำ

ระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็น ดำเนินการตั้งแต่ศึกษาโครงสร้างการทำงานทางกล การออกแบบวงจรไฟฟ้า การเดินสายไฟและสายลม การเขียนโปรแกรมแล้วเริ่มทดสอบก่อนนำไปติดตั้งในสายการผลิต

3.2 ระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็น



รูปที่ 3.1 โครงสร้างระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็น

Robot controller เชื่อมต่อหุ่นยนต์ KR 20-3 ด้วยสายมอเตอร์และสายส่งข้อมูล ควบคุมการทำงานกริปเปอร์จากการสั่งผ่าน Digital I/O และเชื่อมต่อ PC ผ่าน Ethernet-IP โดยควบคุมหุ่นยนต์ด้วยซอฟต์แวร์ WorkVisual 4.0 มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ด้วยซอฟต์แวร์ LabVIEW และควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยซอฟต์แวร์ FCT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

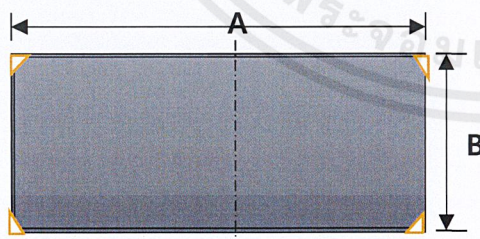
3.3 การวางแผนการดำเนินงาน

การดำเนินงานต้องมีการวางแผนงานอย่างเป็นขั้นตอนและจัดลำดับเวลางานแต่ละส่วน เพื่อให้งานสามารถดำเนินได้อย่างเป็นระบบและเหมาะสม โดยระยะเวลาอ้างอิงตามโรงงาน และระยะเวลาดำเนินโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด

3.4 การศึกษาการทำงานในสายการผลิตและพื้นที่ติดตั้ง

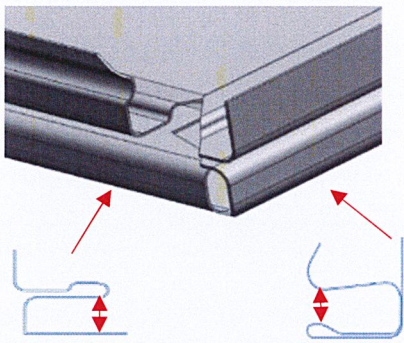
ลักษณะการทำงานการใส่ชิ้นงานที่มุ่มโครงเหล็กภายนอกของตู้เย็น เป็นการทำงานโดยพนักงานที่ยืนประจำจุด โดยพนักงานจะหยิบชิ้นงานมาใส่ที่มุ่มโครงเหล็กภายนอกของตู้เย็น ทั้ง 4 มุม คือมุมระหว่าง 2 โครงเหล็กภายนอกที่อยู่ติดกัน โดยพนักงานต้องใช้เวลาให้ทันสายการผลิต และต้องมีความแม่นยำในการใส่ชิ้นงาน เพื่อไม่ให้เกิดช่องว่างที่มุ่มฝา เนื่องจากเมื่อฉีด Polyurethane ซึ่งเป็นฉนวนป้องกันความเย็น และทำให้ฝ้าตู้เย็นแข็งตัว เพื่อให้เกิดความแข็งแรง หากเกิดช่องว่างความเย็นจะรั่วไหล ตัวของพนักงานจะต้องโน้มตัวเข้าไปในสายการผลิตอาจก่อให้เกิดอันตรายและความล้าทางกล้ามเนื้อได้ โครงการนี้จึงมีการออกแบบเครื่องจักรมาทำงานแทนพนักงานเพื่อลดระยะเวลาในสายผลิตตู้เย็น ลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตตู้เย็นและลดความผิดพลาดในการทำงานของคน

การศึกษาพื้นที่ในการติดตั้ง โดยการวัดขนาดพื้นที่เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบโครงสร้างต่อไป หลังจากนั้นออกแบบอุปกรณ์ทางแมคคานิค โดยอ้างอิงตามสายผลิต



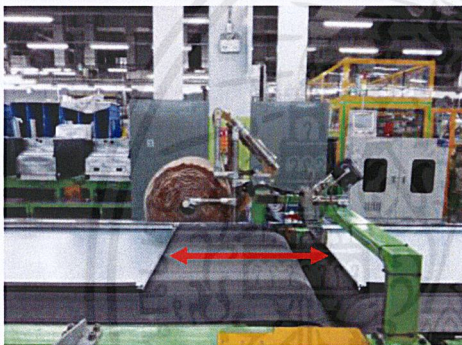
No	Model	Size (mm.)	
		A	B
1	A	3969	600
2	B	4269	600
3	C	4149	615
4	D	4229	615
5	E	4239	609
6	F	4379	609
7	G	3990	700
8	H	4150	700
9	I	4311	628
10	J	4461	628

รูปที่ 3.2 ความกว้างของแต่ละโมเดล



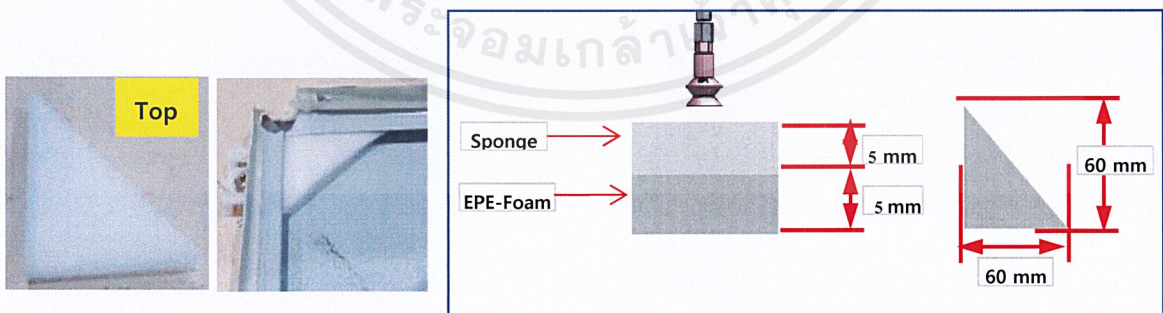
No	Model	Size (mm.)	
		A	B
1	A	7.5	7.3
2	B		
3	C		
4	D		
5	E		
6	F		
7	G		
8	H		
9	I		
10	J		

รูปที่ 3.3 ความกว้างของช่องใส่ชิ้นงานของแต่ละโมเดล



No	Model	Spec (mm.)
1	A	561
2	B	261
3	C	381
4	D	301
5	E	291
6	F	151
7	G	540
8	H	380
9	I	219
10	J	69

รูปที่ 3.4 ระยะห่างระหว่างโครงเหล็กด้านนอกที่เป็นโมเดลเดียวกันในแต่ละโมเดล



รูปที่ 3.5 รูปแบบและขนาดของชิ้นงานสามเหลี่ยม

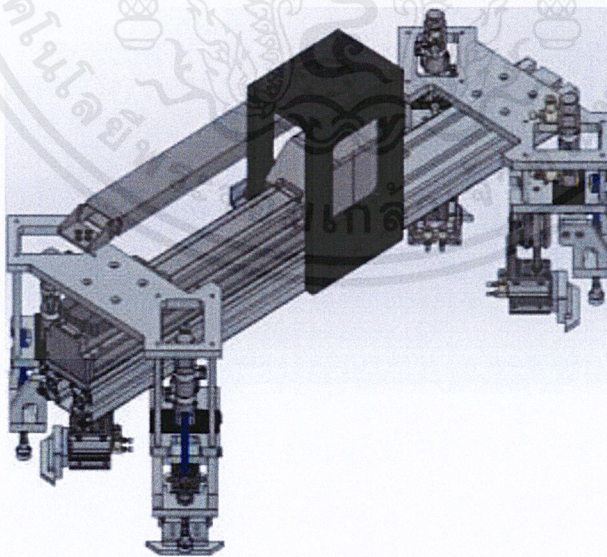
3.5 การออกแบบโครงสร้างและชิ้นส่วนทางกล

3.5.1 การออกแบบกริปเปอร์

กริปเปอร์ในการหยิบและใส่ชิ้นงานที่มุมโครงสร้างหลักภายนอกของตู้เย็น โดยกริปเปอร์แบบสูญญากาศประกอบด้วยโมดูลหยิบชิ้นงาน 2 คู่ที่ทำงานอิสระต่อกันสำหรับการหยิบและวางชิ้นงานสามเหลี่ยมซึ่งทำมาจากอีพีอี-โพลีที่ประกบติดกับฟองน้ำ

1. ระบบนิวเมติก เพื่อสั่งการทำงานของกระบอกลม
 - 1.1 ตำแหน่งดูดชิ้นงานที่เครื่องลำเลียงคอยป้อนชิ้นงาน โดยใช้ Vacuum pump
 - 1.2 ตำแหน่งใส่ชิ้นงาน ต้องปล่อยชิ้นงาน โดยใช้ Vacuum pump สั่ง Blow
 - 1.3 ตำแหน่งใส่ชิ้นงาน กระบอกลมเคลื่อนลง และดันชิ้นงานให้เข้ามุมโครงสร้างหลักด้านนอก
2. ระบบไฟฟ้า
 - 2.1 Reed sensor เช็คตำแหน่งการทำงานของกระบอกลมที่ละด้าน
 - 2.2 Pressure sensor เช็คการดูด-ปล่อยชิ้นงานในแต่ละด้าน
3. Servo – motor

ในสายการผลิตโครงสร้างหลักภายนอกมีหลายขนาด ซึ่งต้องปรับความยาวของกริปเปอร์ไปตามขนาดของผนังด้านนอกจึงต้องใช้เซอร์โวมอเตอร์โดยมี Spindle axis ปรับระยะความยาว

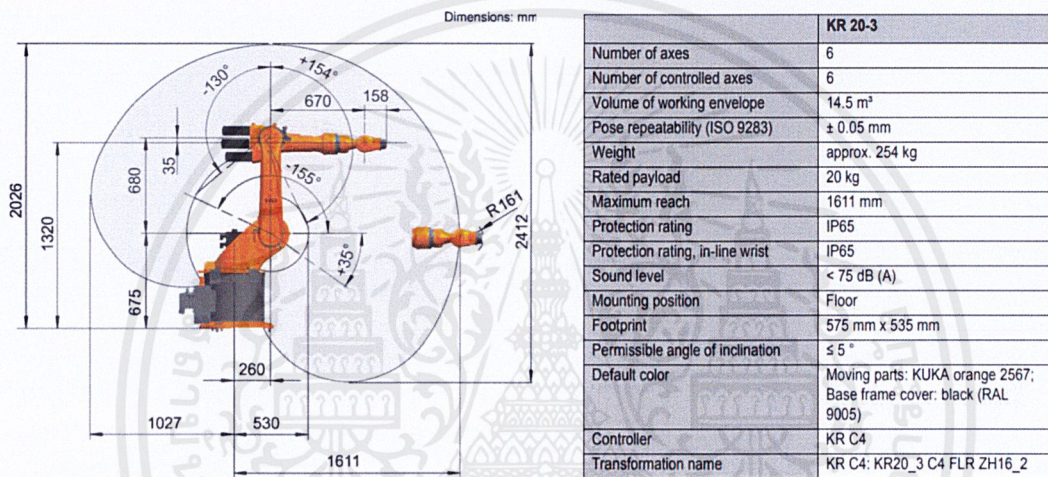


รูปที่ 3.6 กริปเปอร์หยิบและใส่ชิ้นงานที่ผนังด้านนอกของตู้เย็น

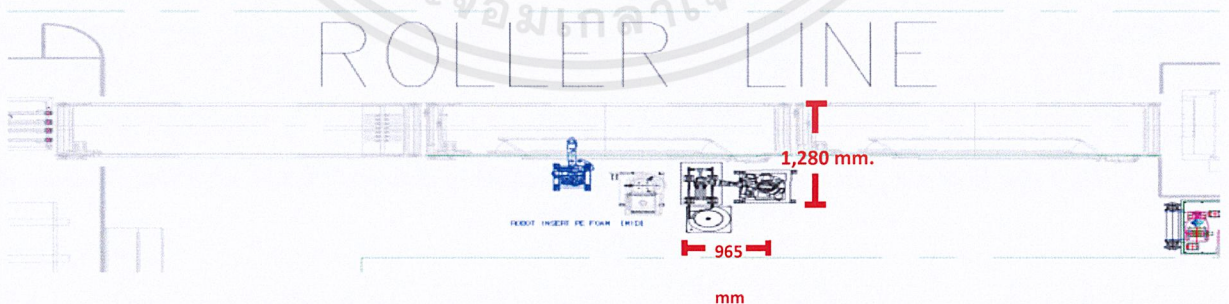
3.5.2 การเลือกใช้หุ่นยนต์ KUKA KR 20 – 3 R1611

การออกแบบโครงสร้างและชิ้นส่วนทางกลของหุ่นยนต์ใส่ชิ้นงานที่มุมโค้งเหล็กลักษณะภายนอกของตู้เย็น ต้องมีการเลือกใช้หุ่นยนต์ให้เหมาะสม โดยใช้หุ่นยนต์ยี่ห้อ KUKA รุ่น KR 20-3 R 1611 ซึ่งการเลือกใช้หุ่นยนต์ต้องมีระยะเอื้อมของแขนหุ่นที่เพียงพอและสามารถรับน้ำหนักของอุปกรณ์ที่นำมาติดตั้ง

โดยความกว้างของสายพานถึงหุ่นยนต์ขนาด 1000 มิลลิเมตร น้ำหนักของกริปเปอร์ 13.4 กิโลกรัม หุ่นยนต์มีระยะเอื้อม 1612 มิลลิเมตร และสามารถรับน้ำหนักอุปกรณ์ได้ 20 กิโลกรัม



รูปที่ 3.7 ข้อมูลประกอบการเลือกใช้หุ่นยนต์ KR 20-3 R1611



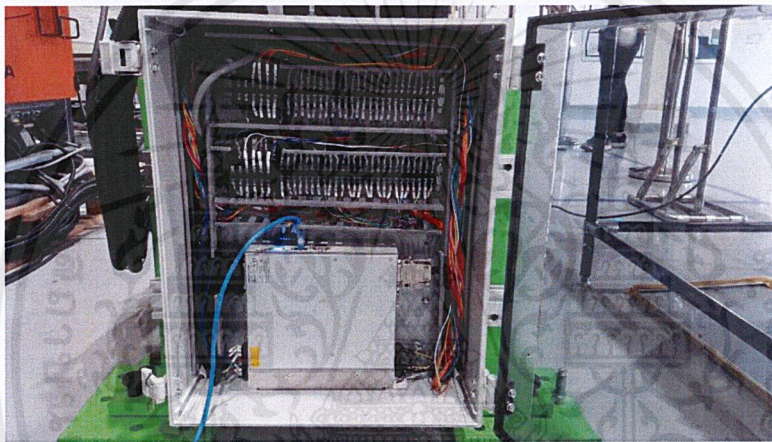
รูปที่ 3.8 Layout หุ่นยนต์ใส่ชิ้นงานที่มุมฝาดตู้เย็น

3.5.3 โครงสร้างฐานวางหุ่นยนต์

การออกแบบฐานวางหุ่นยนต์ความสูงรวมของฐานคิดจากความสูงของสายพาน(Conveyor) เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ทุกโมเดล และส่วนฐานล่างต้องมีความกว้างที่เหมาะสมเพื่อสามารถรับแรงฉุดจากการเคลื่อนที่และการหยุดอย่างรวดเร็วของหุ่นยนต์ได้ ซึ่งมีการฝังหมุดยึดกับพื้นเพื่อเพิ่มความแข็งแรง

3.5.4 ตู้ควบคุมไฟฟ้า

การประกอบตู้ควบคุมไฟฟ้า ที่เชื่อมต่อจากกริปเปอร์ ทั้ง Reed Sensor , Pressure Switch , Digital I/O จากเซอร์โวมอเตอร์ และ Interlock ต่าง ๆ



รูปที่ 3.9 ตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อย



รูปที่ 3.10 ตู้ควบคุมไฟฟ้าหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การเขียนโปรแกรมควบคุมและส่วนติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้

ส่วนของซอฟต์แวร์แยกได้ 3 ซอฟต์แวร์หลักๆ คือ

3.6.1 การควบคุมหุ่นยนต์ด้วยซอฟต์แวร์ WorkVisual 4.0

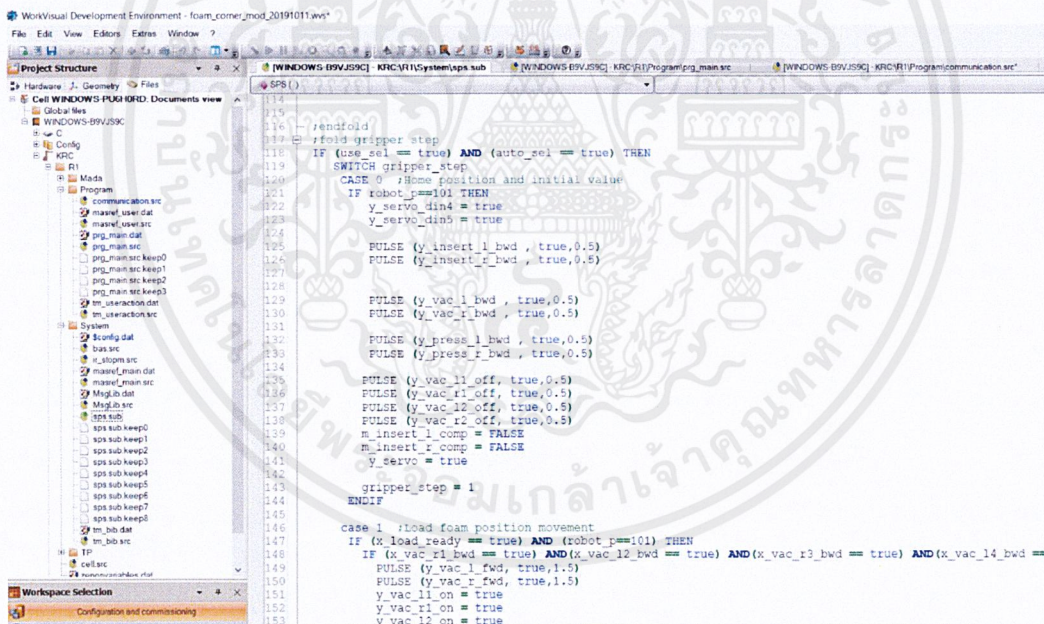
การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ KUKA ใช้สาย Ethernet เชื่อมต่อกับ Controller ของหุ่นยนต์ แบ่งได้ 3 ส่วน

3.6.1.1 Control Program

ส่วนควบคุมขั้นตอนการทำงานและตรวจสอบสถานะต่าง ๆ ของโปรแกรมทั้ง Input Output, Internal relay ใน Robot controller เมื่อเช็คสัญญาณต่าง ๆ จะทำงานตามขั้นตอนที่ได้เขียนไว้ โดยภาษาที่ใช้คือ ภาษา C

เน้นคำสั่ง If...endif เพื่อตรวจสอบเงื่อนไข จาก Input และ Output

เน้นคำสั่ง Case เพื่อควบคุมลำดับการทำงานของหุ่นยนต์และกริปเปอร์



```
113  
114  
115  
116 -rendfold  
117 -rfold gripper step  
118 IF (use_sel == true) AND (auto_sel == true) THEN  
119 SWITCH gripper_step  
120 CASE 0 :Home position and initial value  
121 IF robot_p==101 THEN  
122 y_servo_din4 = true  
123 y_servo_din5 = true  
124  
125 PULSE (y_insert_l_bwd , true,0.5)  
126 PULSE (y_insert_r_bwd , true,0.5)  
127  
128 PULSE (y_vac_l_bwd , true,0.5)  
129 PULSE (y_vac_r_bwd , true,0.5)  
130  
131 PULSE (y_press_l_bwd , true,0.5)  
132 PULSE (y_press_r_bwd , true,0.5)  
133  
134 PULSE (y_vac_l1_off , true,0.5)  
135 PULSE (y_vac_r1_off , true,0.5)  
136 PULSE (y_vac_l2_off , true,0.5)  
137 PULSE (y_vac_r2_off , true,0.5)  
138 PULSE (y_vac_r2 , true,0.5)  
139 m_insert_l_comp = FALSE  
140 m_insert_r_comp = FALSE  
141 y_servo = true  
142  
143 Gripper_step = 1  
144 ENDIF  
145  
146 case 1 :load foam position movement  
147 IF (X_load_ready == true) AND (robot_p==101) THEN  
148 IF (x_vac_r1_bwd == true) AND (x_vac_l2_bwd == true) AND (x_vac_r3_bwd == true) AND (x_vac_l4_bwd ==  
149 PULSE (y_vac_l_fwd , true,1.5)  
150 PULSE (y_vac_r_fwd , true,1.5)  
151 y_vac_l1_on = true  
152 y_vac_r1_on = true  
153 y_vac_l2_on = true
```

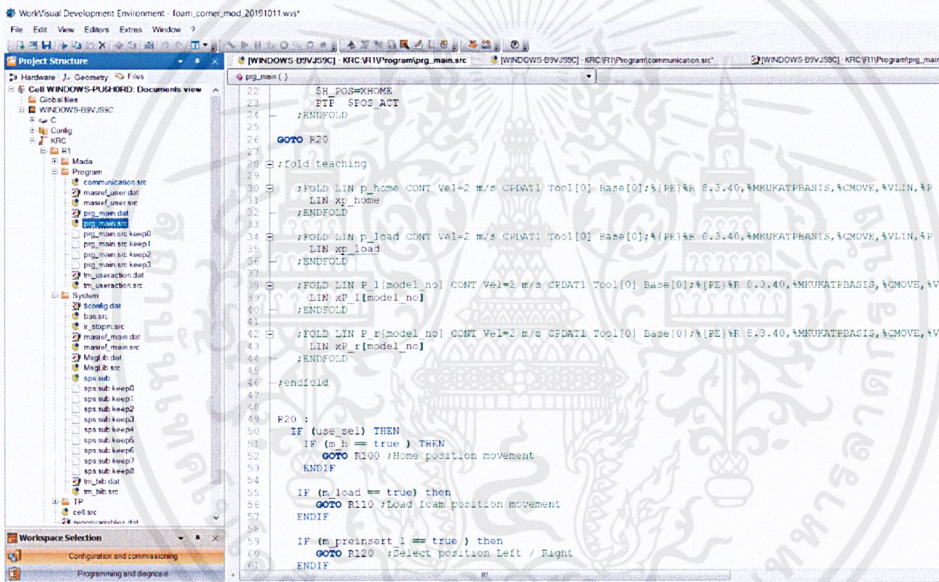
รูปที่ 3.11 โปรแกรมส่วนของการควบคุม

3.6.1.2 Motion Program

ส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และเก็บค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่โดยการบันทึกค่าลงในโปรแกรม ซึ่งการแยกโปรแกรมการเคลื่อนที่เพื่อการตรวจเช็คที่ง่ายและสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้ง่ายโดยที่ส่งผลกับโปรแกรมอื่น

รูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

- PTP (point to point) เป็นการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง โดยการเคลื่อนที่จะขยับแกนทั้ง 6 ของหุ่นยนต์อิสระต่อกัน เพื่อไปยังจุดที่ต้องการให้เร็วที่สุด โดยการเคลื่อนที่จะไม่มีรูปแบบที่ตายตัวและไม่เป็น การเคลื่อนที่แบบเส้นตรง
- LIN (Linear) เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง



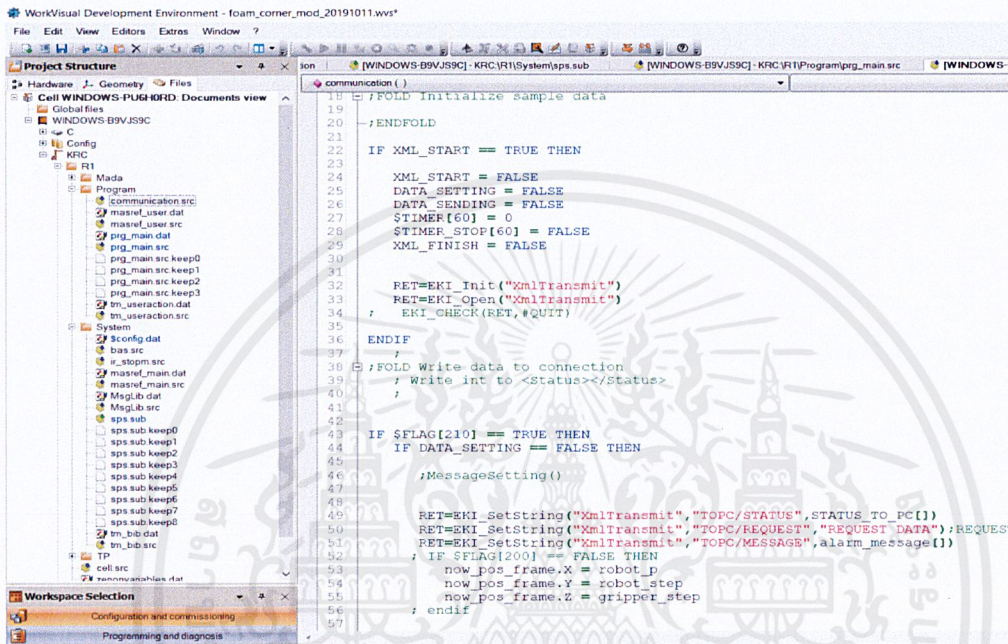
รูปที่ 3.12 โปรแกรมส่วนของการเคลื่อนที่

3.6.1.3 Communication Program

ส่วนการสื่อสารของหุ่นยนต์กับโปรแกรมอื่น ๆ โดยการประกาศ UDP Communication เพื่อเชื่อมต่อระหว่าง คอมพิวเตอร์กับหุ่นยนต์ ซึ่งหุ่นยนต์จะสามารถรับ-ส่งสัญญาณในหลากหลายรูปแบบ ส่วนมากใช้โปรแกรม LabVIEW เป็นหน้า Interface เพื่อให้พนักงานสามารถเข้าถึงได้ง่าย และลดความผิดพลาด ซึ่งสามารถแสดง Status การทำงานและสั่งการไปยังหุ่นยนต์ได้

ใช้ภาษา XML เพื่อการรับ-ส่งข้อมูล การตั้งค่า Port การสื่อสารกับคอมพิวเตอร์และเลือกรูปแบบการสื่อสาร เช่น TCP หรือ UDP เพื่อ Initial port หลังจากนั้นใช้คำสั่ง Open เพื่อเปิด Port การสื่อสาร ใช้คำสั่ง Set+ ชนิดตัวแปร ในการตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ แล้วจึงใช้ Send เพื่อส่งค่าตัวแปร

ในการรับค่าตัวแปรจากโปรแกรมอื่น ใช้คำสั่ง Get+ชนิดตัวแปร และ คำสั่ง Close , Clear เพื่อปิดการและเคลียร์ค่าเพื่อจะทำงานเชื่อมต่อใหม่



รูปที่ 3.13 โปรแกรมส่วนการติดต่อสื่อสาร

3.6.2 การติดต่อกับผู้ใช้โดยใช้ซอฟต์แวร์ LabVIEW

ส่วนติดต่อกับผู้ใช้หรือ หน้า HMI ทำหน้าที่แสดงผลต่าง ๆ และการปรับแก้โมเดล ซึ่งมีหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้

1. ส่วนที่แสดงสถานะโดยรับข้อมูลจากหุ่นยนต์และ PLC
 - แสดงโหมดการควบคุมหุ่นยนต์
 - แสดงตำแหน่งและขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์และกริปเปอร์
 - แสดงสถานะสัญญาณที่ได้รับในการกำหนดขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์
 - แสดงโมเดลที่รับมาจาก PLC
2. ส่วนที่สั่งการการทำงานไปยังหุ่นยนต์
 - การขยับหุ่นยนต์ไปตำแหน่งต่าง ๆ โดยอ้างอิงการเคลื่อนที่ X, Y และ Z
 - การ JOG เซอร์โวมอเตอร์เพื่อสั่งการการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์

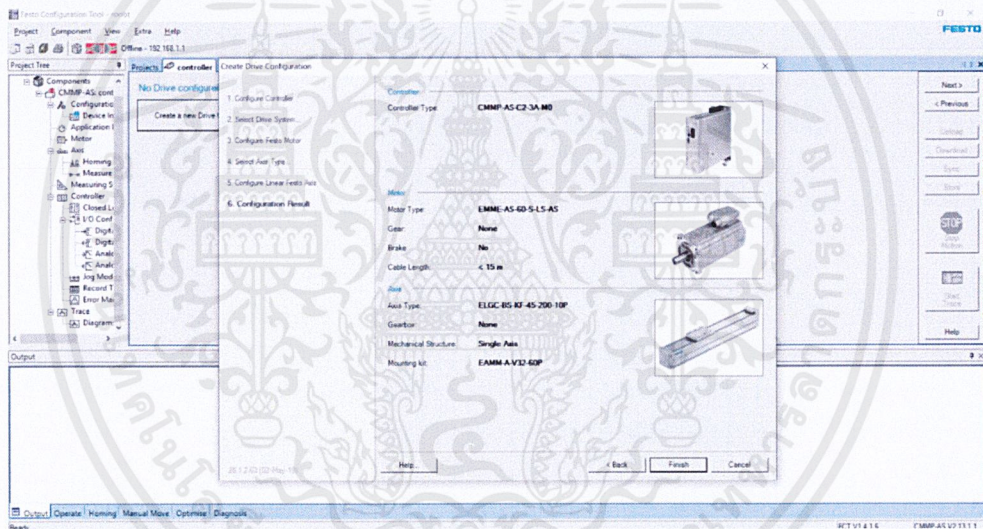
- ส่งค่าตำแหน่งและขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์และกริปเปอร์
 - ส่งค่าโมเดล เพื่อควบคุมตำแหน่งของหุ่นยนต์และการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์
3. ส่วนบันทึกข้อมูลตำแหน่งต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ ในแต่ละโมเดล
 4. ส่วนตรวจสอบข้อมูล เนื่องจาก UDP Protocol ทำให้ข้อมูลที่ได้รับและส่งไม่ได้ถูกตรวจสอบ จึงเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจสอบการรับส่งข้อมูลในทุก ๆ การทำงาน

3.6.3 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยซอฟต์แวร์ Festo configuration Tool(FCT)

เซอร์โวมอเตอร์ ของ FESTO ใช้โปรแกรมตั้งค่าการทำงาน (Configuration) ของเซอร์โวมอเตอร์ โปรแกรม Festo configuration Tool หรือ FCT โดยสามารถบันทึกตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ในระยะต่าง ๆ ตามขนาดฝาตู้เย็นของแต่ละโมเดล

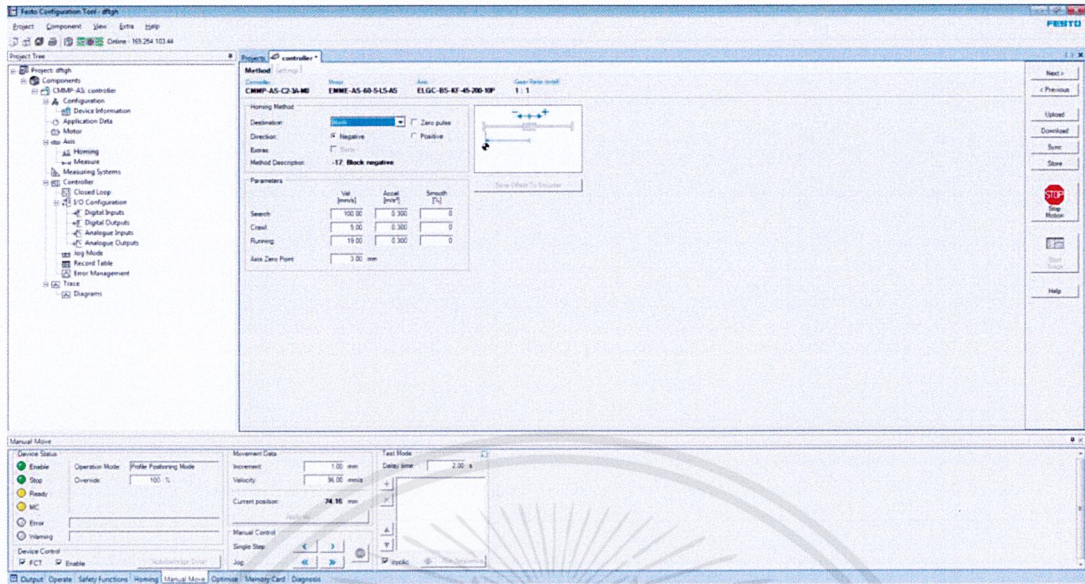
ส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการตั้งค่า

1. เริ่มตั้งค่าอุปกรณ์เซอร์โวมอเตอร์ เช่น Controller , Motor และ Axis เป็นต้น



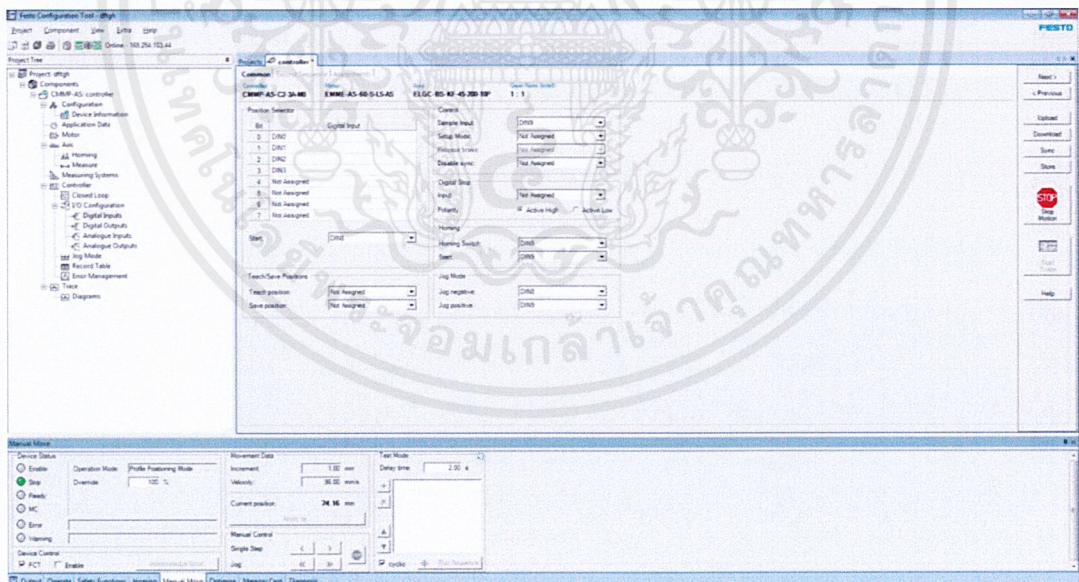
รูปที่ 3.14 การตั้งค่าส่วนประกอบต่าง ๆ ของเซอร์โวมอเตอร์

2. ตั้งค่าการเคลื่อนที่ที่ตำแหน่ง Home



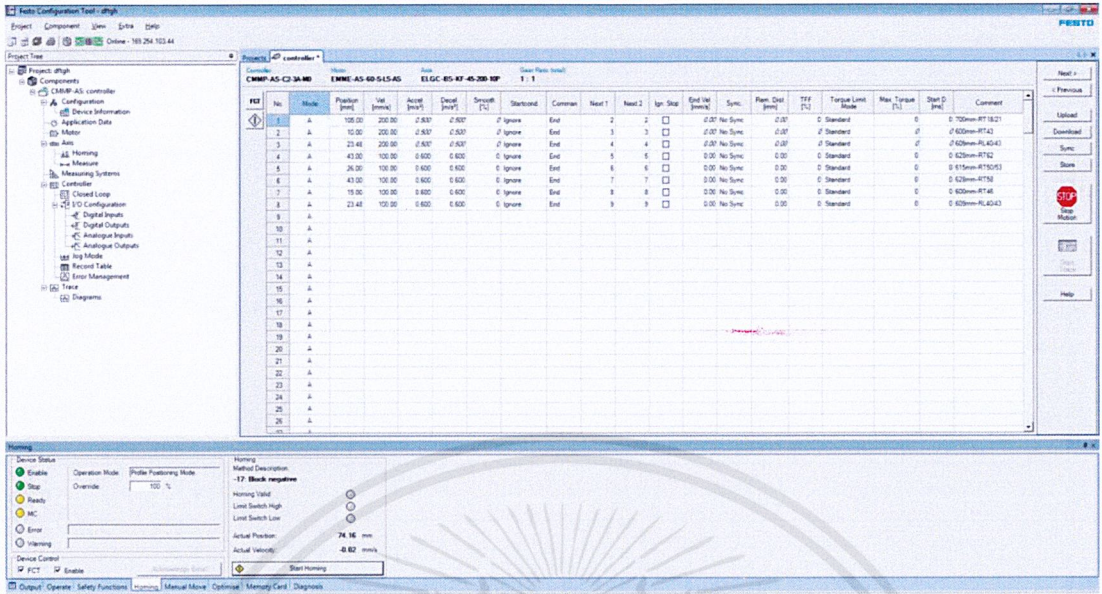
รูปที่ 3.15 การตั้งค่าการเคลื่อนที่ที่ตำแหน่ง Home

3. ตั้งค่า Digital I/O ของเซอร์โวมอเตอร์



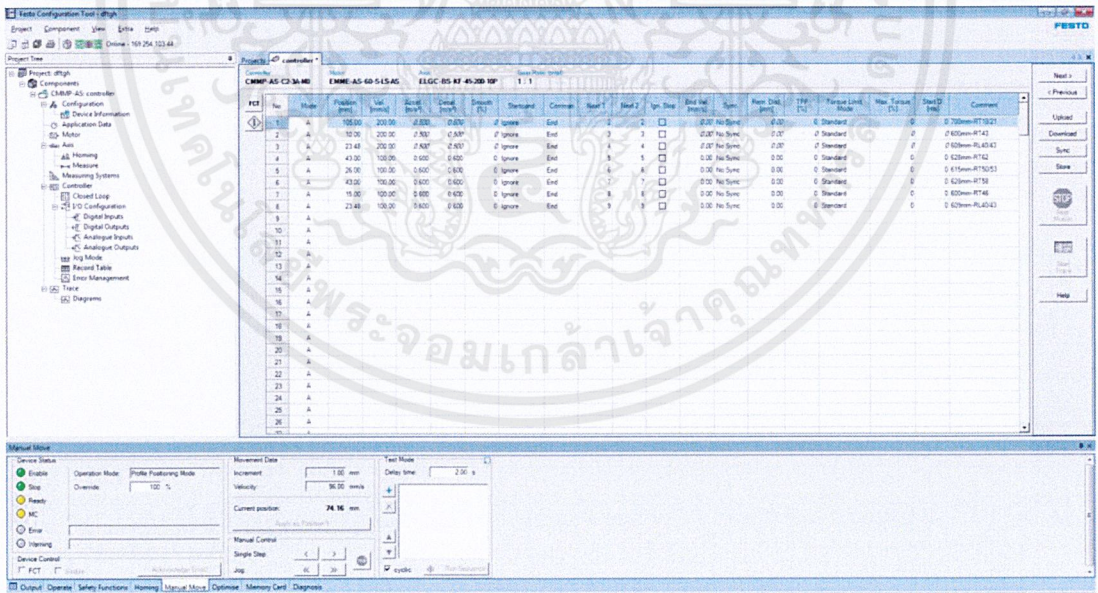
รูปที่ 3.16 การตั้งค่า Digital I/O ของเซอร์โวมอเตอร์

4. ตั้งค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่ ความเร็ว ความเร่งของเซอร์โวมอเตอร์



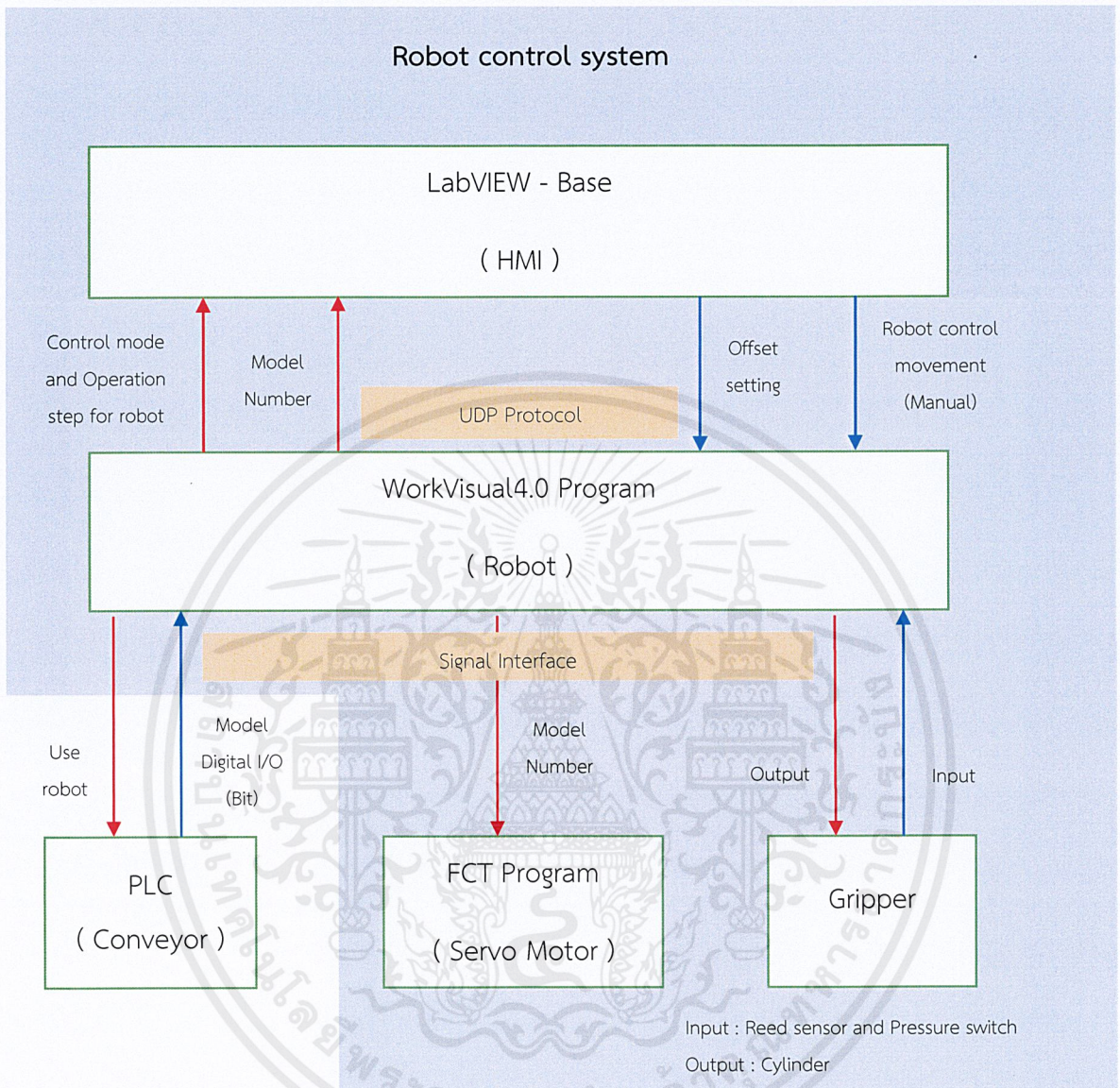
รูปที่ 3.17 ตารางบันทึกค่าการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์

5. เปิดการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมกับเซอร์โวมอเตอร์ Download และทดสอบการเคลื่อนที่เมื่อใช้งานผ่าน Digital I/O



รูปที่ 3.18 การติดต่อเซอร์โวมอเตอร์โดยการเรียกใช้โมเดลจากหุ่นยนต์

3.7 หลักการทำงานของข้อมูลในระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็น



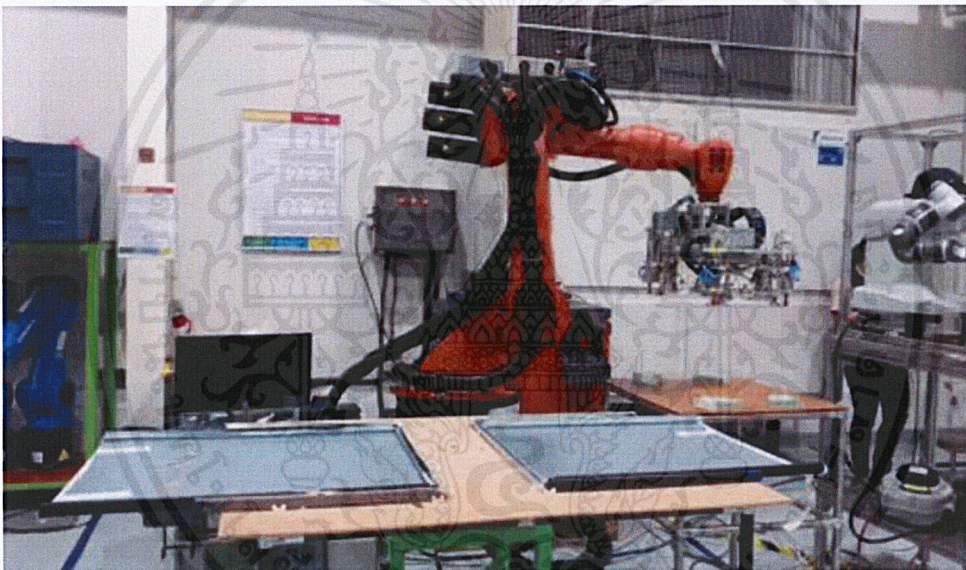
รูปที่ 3.19 การไหลของข้อมูลภายในระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็น

บทที่ 4

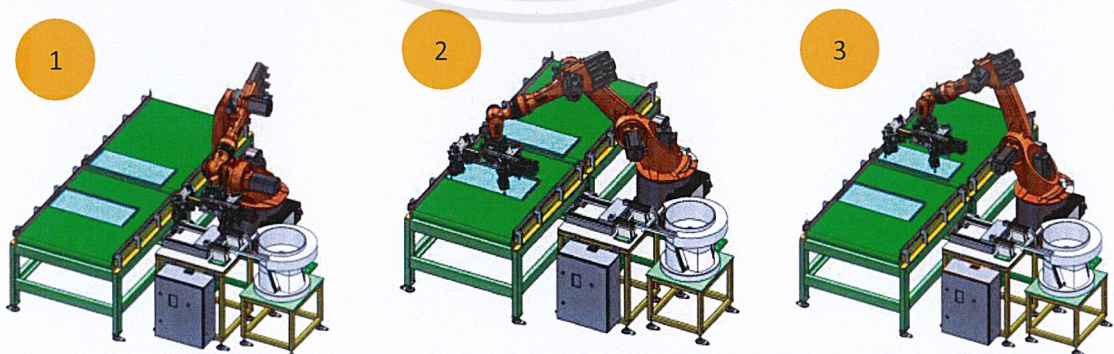
ผลการดำเนินโครงการ

4.1 โครงสร้างและระบบกลไก

การทดสอบระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตตู้เย็นสามารถทำงานโดยการใส่ชิ้นงานที่ มุมโครงเหล็กด้านนอกของตู้เย็นได้สำเร็จ และสามารถนำไปใช้งานได้จริงในไลน์การผลิต ดังรูปที่ 4.1 โดยทดสอบในเรื่องประสิทธิภาพการใส่ชิ้นงานที่ตรงตำแหน่งและไม่มีช่องว่างระหว่างมุม



รูปที่ 4.1 โครงสร้างหุ่นยนต์ใส่ชิ้นงานที่มุมโครงเหล็กด้านนอกของตู้เย็น

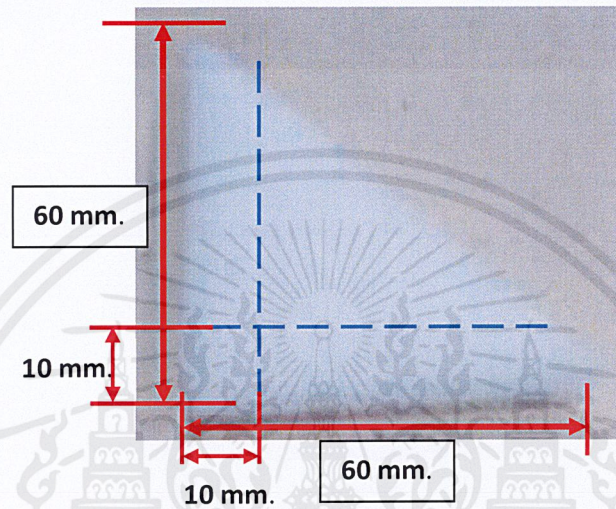


รูปที่ 4.2 กลไกการทำงานของหุ่นยนต์

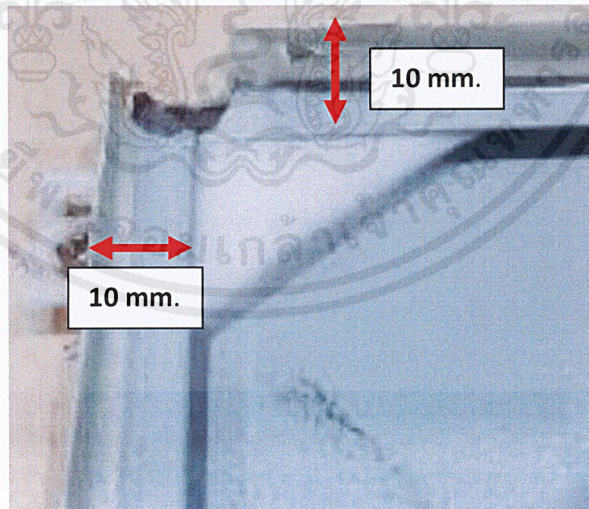
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ตัวชี้วัดผลการทดลอง

ชิ้นงานมีขนาด 60 x 60 x 10 มิลลิเมตร และ ขอบโครงเหล็กด้านนอกของตู้เย็นมีความกว้าง 10 มิลลิเมตร ดังนั้น ประสิทธิภาพในการใส่ชิ้นงานวัดจากความลึกของชิ้นงานที่เข้าถึงขอบตู้เย็น ที่ 10 มิลลิเมตรและรอบการผลิตในกระบวนการใส่ชิ้นงานที่ 14 วินาที ดังนั้นหุ่นยนต์ต้องเวลาในการใส่ชิ้นงานทั้ง 4 มุม ที่ 14 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4



รูปที่ 4.3 ระยะการใส่ชิ้นงานที่ตรวจในการทดลอง



รูปที่ 4.4 ระยะลึกที่เข้าถึงมุมของชิ้นงาน

4.3 ผลการทดสอบการใช้งาน

4.3.1 ผลการทดสอบรอบแรกและหาค่าขีดเขยที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานเพื่อหาค่าขีดเขยที่โมเดลมีความกว้างขนาด 600 มิลลิเมตร

RT46 - 600 mm.							
NO	HMI	Left Side		Right Side		Complete	Time (sec.)
	Model	Front	Back	Front	Back		
1	/	/	/	X	/	X	14
2	/	/	/	X	/	X	
3	/	/	/	/	/	/	
4	/	/	/	/	/	/	
5	/	/	/	/	/	/	
6	/	/	/	/	X	X	
7	/	/	/	/	/	/	
8	/	/	/	/	/	/	
9	/	/	/	/	X	X	
10	/	/	/	/	/	/	
11	/	/	/	/	/	/	
12	/	/	/	/	/	/	
13	/	/	/	/	/	/	
14	/	/	/	/	/	/	
15	/	/	/	/	/	/	
16	/	/	/	/	/	/	
17	/	/	/	/	/	/	
18	/	/	/	/	/	/	
19	/	/	/	/	/	/	
20	/	/	/	/	/	/	

อัตราการปฏิเสธผิดพลาด (False Reject Rate หรือ FRR) สามารถหาได้จากสูตร

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนวัตถุปฏิเสธที่ผิดพลาด}}{\text{จำนวนวัตถุทั้งหมด}} \times 100 \%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{4}{20} \times 100\%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = 20 \%$$

ดังนั้น อัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงานที่โมเดลมีความกว้างขนาด 600 มิลลิเมตร คือ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ 14 วินาที

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานเพื่อหาค่าชดเชยที่โมเดลมีความกว้างขนาด 609 มิลลิเมตร

RL40 - 609 mm.							
NO	HMI	Left Side		Right Side		Complete	Time (sec.)
	Model	Front	Back	Front	Back		
1	/	X	X	X	/	X	14
2	/	X	X	/	/	X	
3	/	X	X	/	/	X	
4	/	/	X	/	/	X	
5	/	/	/	/	/	/	
6	/	/	/	/	/	/	
7	/	/	X	/	/	X	
8	/	/	/	/	/	/	
9	/	/	/	/	/	/	
10	/	/	/	/	/	/	
11	/	/	X	/	/	X	
12	/	/	/	/	/	/	
13	/	/	/	/	/	/	
14	/	/	/	/	/	/	
15	/	/	/	/	/	/	
16	/	/	/	/	/	/	
17	/	/	/	/	/	/	
18	/	/	/	/	/	/	
19	/	/	/	/	/	/	
20	/	/	/	/	/	/	

อัตราการปฏิเสธผิดพลาด (False Reject Rate หรือ FRR) สามารถหาได้จากสูตร

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนวัตถุปฏิเสธที่ผิดพลาด}}{\text{จำนวนวัตถุทั้งหมด}} \times 100 \%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{6}{20} \times 100\%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = 30 \%$$

ดังนั้น อัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงานที่โมเดลมีความกว้างขนาด 609 มิลลิเมตร คือ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่ 14 วินาที

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานเพื่อหาค่าชดเชยที่โมเดลมีความกว้างขนาด 615 มิลลิเมตร

RT53 -615 mm.							
NO	HMI	Left Side		Right Side		Complete	Time (sec.)
	Model	Front	Back	Front	Back		
1	/	X	/	/	X	X	14
2	/	X	/	/	X	X	
3	/	X	/	/	/	X	
4	/	X	/	/	/	X	
5	/	/	/	/	/	/	
6	/	/	/	/	/	/	
7	/	/	/	/	X	X	
8	/	/	/	/	/	/	
9	/	/	/	/	/	/	
10	/	/	/	/	/	/	
11	/	/	/	/	/	/	
12	/	/	/	/	/	/	
13	/	/	/	/	/	/	
14	/	/	/	/	/	/	
15	/	/	/	/	/	/	
16	/	/	/	/	/	/	
17	/	/	/	/	/	/	
18	/	/	/	/	/	/	
19	/	/	/	/	/	/	
20	/	/	/	/	/	/	

อัตราการปฏิเสธผิดพลาด (False Reject Rate หรือ FRR) สามารถหาได้จากสูตร

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนวัตถุปฏิเสธที่ผิดพลาด}}{\text{จำนวนวัตถุทั้งหมด}} \times 100 \%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{5}{20} \times 100\%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = 25 \%$$

ดังนั้น อัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงานที่โมเดลมีความกว้างขนาด 615 มิลลิเมตร คือ 25 เปอร์เซ็นต์ ที่ 14 วินาที

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานเพื่อหาค่าชดเชยที่โมเดลมีความกว้างขนาด 628 มิลลิเมตร

RT62 - 628 mm.							
NO	HMI	Left Side		Right Side		Complete	Time (sec.)
	Model	Front	Back	Front	Back		
1	/	/	X	/	/	X	14
2	/	/	X	/	/	X	
3	/	/	X	/	/	X	
4	/	/	/	/	/	/	
5	/	/	/	/	/	/	
6	/	/	/	/	/	/	
7	/	/	/	/	/	/	
8	/	/	/	/	/	/	
9	/	/	/	/	/	/	
10	/	/	/	/	/	/	
11	/	/	/	/	/	/	
12	/	/	/	/	/	/	
13	/	/	/	/	/	/	
14	/	/	/	/	/	/	
15	/	/	/	/	/	/	
16	/	/	/	/	/	/	
17	/	/	/	/	/	/	
18	/	/	/	/	/	/	
19	/	/	/	/	/	/	
20	/	/	/	/	/	/	

อัตราการปฏิเสธผิดพลาด (False Reject Rate หรือ FRR) สามารถหาได้จากสูตร

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนวัตถุปฏิเสธที่ผิดพลาด}}{\text{จำนวนวัตถุทั้งหมด}} \times 100 \%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{3}{20} \times 100\%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = 15 \%$$

ดังนั้น อัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงานที่โมเดลมีความกว้างขนาด 628 มิลลิเมตร คือ 15 เปอร์เซ็นต์ ที่ 14 วินาที

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานเพื่อหาค่าชดเชยที่โมเดลมีความกว้างขนาด 700 มิลลิเมตร

RT21 - 700 mm.							
NO	HMI	Left Side		Right Side		Complete	Time (sec.)
	Model	Front	Back	Front	Back		
1	/	/	/	/	/	/	14
2	/	/	/	/	/	/	
3	/	/	/	/	/	/	
4	/	/	/	X	/	X	
5	/	/	/	/	/	/	
6	/	/	/	/	/	/	
7	/	/	/	X	/	X	
8	/	/	/	/	/	/	
9	/	/	/	/	/	/	
10	/	/	/	/	/	/	
11	/	/	/	/	/	/	
12	/	/	/	/	/	/	
13	/	/	/	/	/	/	
14	/	/	/	/	/	/	
15	/	/	/	/	/	/	
16	/	/	/	/	/	/	
17	/	/	/	X	/	X	
18	/	/	/	/	/	/	
19	/	/	/	/	/	/	
20	/	/	/	/	/	/	

อัตราการปฏิเสธผิดพลาด (False Reject Rate หรือ FRR) สามารถหาได้จากสูตร

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนวัตถุปฏิเสธที่ผิดพลาด}}{\text{จำนวนวัตถุทั้งหมด}} \times 100 \%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{3}{20} \times 100\%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = 15 \%$$

ดังนั้น อัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงานที่โมเดลมีความกว้างขนาด 700 มิลลิเมตร คือ 15 เปอร์เซ็นต์ ที่ 14 วินาที

4.3.2 ผลการทดสอบที่ค่าชดเชยที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานที่ค่าชดเชยที่เหมาะสม โมเดลมีความกว้างขนาด 600 มิลลิเมตร

RT46 - 600 mm.							
NO	HMI	Left Side		Right Side		Complete	Time (sec.)
	Model	Front	Back	Front	Back		
1	/	/	/	/	/	/	14
2	/	/	/	/	/	/	
3	/	/	/	/	/	/	
4	/	/	/	/	/	/	
5	/	/	/	/	/	/	
6	/	/	/	/	/	/	
7	/	/	/	/	/	/	
8	/	/	/	/	/	/	
9	/	/	/	/	/	/	
10	/	/	/	/	/	/	
11	/	/	/	/	/	/	
12	/	/	/	/	/	/	
13	/	/	/	/	/	/	
14	/	/	/	/	/	/	
15	/	/	/	/	/	/	
16	/	/	/	/	/	/	
17	/	/	/	/	/	/	
18	/	/	/	/	/	/	
19	/	/	/	/	/	/	
20	/	/	/	/	/	/	

อัตราการปฏิเสธผิดพลาด (False Reject Rate หรือ FRR) สามารถหาได้จากสูตร

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนวัตถุปฏิเสธที่ผิดพลาด}}{\text{จำนวนวัตถุทั้งหมด}} \times 100 \%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{0}{20} \times 100\%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = 0\%$$

ดังนั้น อัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงานที่โมเดลมีความกว้างขนาด 600 มิลลิเมตร คือ 0 เปอร์เซ็นต์ ที่ 14 วินาที

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานที่ค่าขดเซย์ที่เหมาะสม โมเดลมีความกว้างขนาด 609 มิลลิเมตร

RL40 - 609 mm.							
NO	HMI	Left Side		Right Side		Complete	Time (sec.)
	Model	Front	Back	Front	Back		
1	/	/	/	/	/	/	14
2	/	/	/	/	/	/	
3	/	/	/	/	/	/	
4	/	/	/	/	/	/	
5	/	/	/	/	/	/	
6	/	/	/	/	/	/	
7	/	/	/	/	/	/	
8	/	/	/	/	/	/	
9	/	/	/	/	/	/	
10	/	/	/	/	/	/	
11	/	/	/	/	/	/	
12	/	/	/	/	/	/	
13	/	/	/	/	/	/	
14	/	/	/	/	/	/	
15	/	/	/	/	/	/	
16	/	/	/	/	/	/	
17	/	/	/	/	/	/	
18	/	/	/	/	/	/	
19	/	/	/	/	/	/	
20	/	/	/	/	/	/	

อัตราการปฏิเสธผิดพลาด (False Reject Rate หรือ FRR) สามารถหาได้จากสูตร

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนวัตถุปฏิเสธที่ผิดพลาด}}{\text{จำนวนวัตถุทั้งหมด}} \times 100 \%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{0}{20} \times 100\%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = 0 \%$$

ดังนั้น อัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงานที่โมเดลมีความกว้างขนาด 609 มิลลิเมตร คือ 0 เปอร์เซ็นต์ ที่ 14 วินาที

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานที่ค่าขดเชยที่เหมาะสม โมเดลมีความกว้างขนาด 615 มิลลิเมตร

RT53 -615 mm.							
NO	HMI	Left Side		Right Side		Complete	Time (sec.)
	Model	Front	Back	Front	Back		
1	/	/	/	/	/	/	14
2	/	/	/	/	/	/	
3	/	/	/	/	/	/	
4	/	/	/	/	/	/	
5	/	/	/	/	/	/	
6	/	/	/	/	/	/	
7	/	/	/	/	X	X	
8	/	/	/	/	/	/	
9	/	/	/	/	/	/	
10	/	/	/	/	/	/	
11	/	/	/	/	/	/	
12	/	/	/	/	/	/	
13	/	/	/	/	/	/	
14	/	/	/	/	/	/	
15	/	/	/	/	/	/	
16	/	/	/	/	/	/	
17	/	/	/	/	/	/	
18	/	/	/	/	/	/	
19	/	/	/	/	/	/	
20	/	/	/	/	/	/	

อัตราการปฏิเสธผิดพลาด (False Reject Rate หรือ FRR) สามารถหาได้จากสูตร

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนวัตถุปฏิเสธที่ผิดพลาด}}{\text{จำนวนวัตถุทั้งหมด}} \times 100 \%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{1}{20} \times 100\%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = 5 \%$$

ดังนั้น อัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงานที่โมเดลมีความกว้างขนาด 615 มิลลิเมตร คือ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 14 วินาที

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานที่ค่าขดเขยที่เหมาะสม โมเดลมีความกว้างขนาด 628 มิลลิเมตร

RT62 - 628 mm.							
NO	HMI	Left Side		Right Side		Complete	Time (sec.)
	Model	Front	Back	Front	Back		
1	/	/	/	/	/	/	14
2	/	/	/	/	/	/	
3	/	/	X	/	/	X	
4	/	/	X	/	/	X	
5	/	/	/	/	/	/	
6	/	/	/	/	/	/	
7	/	/	/	/	/	/	
8	/	/	/	/	/	/	
9	/	/	/	/	/	/	
10	/	/	/	/	/	/	
11	/	/	/	/	/	/	
12	/	/	/	/	/	/	
13	/	/	/	/	/	/	
14	/	/	/	/	/	/	
15	/	/	/	/	/	/	
16	/	/	/	/	/	/	
17	/	/	/	/	/	/	
18	/	/	/	/	/	/	
19	/	/	/	/	/	/	
20	/	/	/	/	/	/	

อัตราการปฏิเสธผิดพลาด (False Reject Rate หรือ FRR) สามารถหาได้จากสูตร

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนวัตถุปฏิเสธที่ผิดพลาด}}{\text{จำนวนวัตถุทั้งหมด}} \times 100 \%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{2}{20} \times 100\%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = 10 \%$$

ดังนั้น อัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงานที่โมเดลมีความกว้างขนาด 628 มิลลิเมตร คือ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ 14 วินาที

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบการใส่ชิ้นงานที่ค่าชดเชยที่เหมาะสม โมเดลมีความกว้างขนาด 700 มิลลิเมตร

RT21 - 700 mm.							
NO	HMI	Left Side		Right Side		Complete	Time (sec.)
	Model	Front	Back	Front	Back		
1	/	/	/	/	/	/	14
2	/	/	/	/	/	/	
3	/	/	/	/	/	/	
4	/	/	/	X	/	X	
5	/	/	/	/	/	/	
6	/	/	/	/	/	/	
7	/	/	/	/	/	/	
8	/	/	/	/	/	/	
9	/	/	/	/	/	/	
10	/	/	/	/	/	/	
11	/	/	/	/	/	/	
12	/	/	/	/	/	/	
13	/	/	/	/	/	/	
14	/	/	/	/	/	/	
15	/	/	/	/	/	/	
16	/	/	/	/	/	/	
17	/	/	/	/	/	/	
18	/	/	/	/	/	/	
19	/	/	/	/	/	/	
20	/	/	/	/	/	/	

อัตราการปฏิเสธผิดพลาด (False Reject Rate หรือ FRR) สามารถหาได้จากสูตร

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนวัตถุปฏิเสธที่ผิดพลาด}}{\text{จำนวนวัตถุทั้งหมด}} \times 100 \%$$

$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = \frac{1}{20} \times 100\%$$

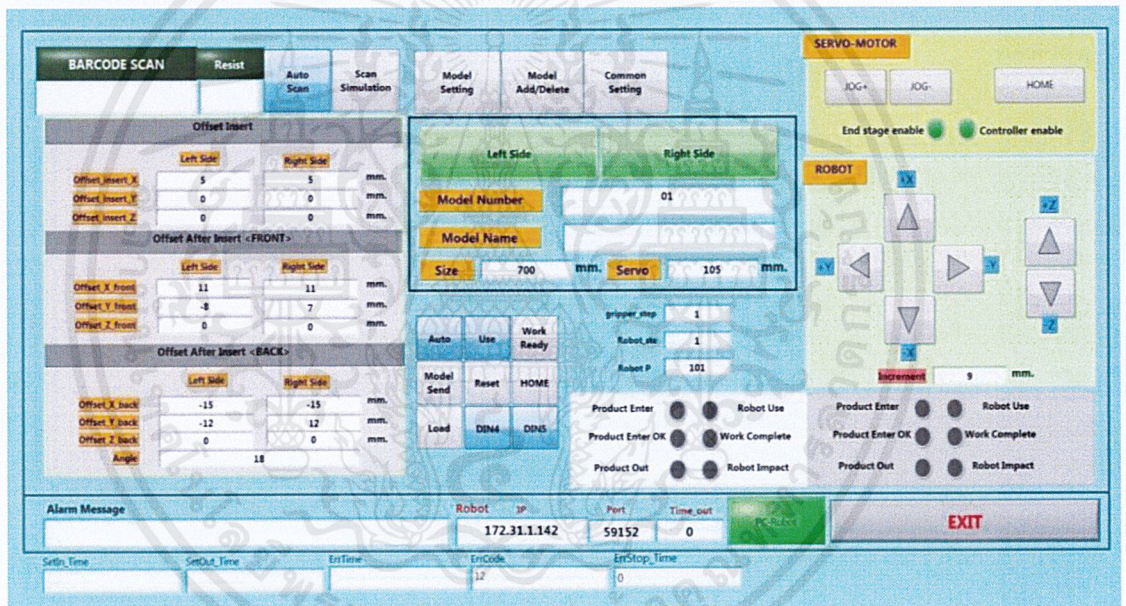
$$\text{อัตราการปฏิเสธผิดพลาด} = 5 \%$$

ดังนั้น อัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงานที่โมเดลมีความกว้างขนาด 700 มิลลิเมตร คือ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 14 วินาที

4.3.3 ผลการทดสอบส่วนติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้งาน

หน้า Main Interface

- สามารถแสดงข้อมูลหลักส่วนของการรับ-ส่งข้อมูลจากโปรแกรมหุ่นยนต์ WorkVisual 4.0 ได้
- สามารถรับค่าโมเดลจาก PLC ในสายการผลิตได้เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์และระยะเวลาเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้
- สามารถแสดงสถานะของหุ่นยนต์และสถานะ Interlock ได้
- โหมด Manual สามารถควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์ได้ และเซอร์โวมอเตอร์ได้
- สามารถแสดงค่าชดเชยในแต่ละโมเดลได้



รูปที่ 4.5 หน้า Main Interface

หน้าต่าง Setting

- สามารถตั้งค่าการหาค่าชดเชยของแต่ละโมเดลได้
- สามารถแสดงผลการตั้งค่าไปยัง หน้า Main Interface ได้

Model Number	0	
Model Name	Non-BCR	
Wide frame	0 mm.	Servo 0 mm.
INSERT FOAM		
	Left side	Right side
Offset insert X	0	0
Offset insert Y	0	0
Offset insert Z	0	0
AFTER INSERT FOAM <FRONT>		
	Left side	Right side
Offset X front	0	0
Offset Y front	0	0
Offset Z front	0	0
AFTER INSERT FOAM <BACK>		
	Left side	Right side
Offset X back	0	0
Offset Y back	0	0
Offset Z back	0	0
Angle	0	
OK CANCEL		

รูปที่ 4.6 หน้าต่าง Setting

หน้าต่างเพิ่ม ลบ เปลี่ยนชื่อโมเดลต่าง ๆ

- สามารถเพิ่ม ลบ หรือเปลี่ยนชื่อโมเดล ต่าง ๆ ได้

Add	Delete	Change Name
Model Number	0	
0		
01		
02		
03		
04		
05		
06		
07		
08		
09		
10		
11		
12		
OK		

รูปที่ 4.7 หน้าต่างเพิ่ม ลบ เปลี่ยนชื่อโมเดลต่าง ๆ

หน้าต่าง Communication Setting

- สามารถตั้งค่าการเชื่อมต่อ กับหุ่นยนต์ PLC หรือเซอร์โวมอเตอร์ได้

	IP	Port	Time_out	
ROBOT	172.31.1.142	59152	0	<input checked="" type="checkbox"/> OFF/ON
PLC		0	0	<input type="checkbox"/> OFF/ON
SERVO- MOTOR	169.254.103.44	8042	0	<input checked="" type="checkbox"/> OFF/ON

OK CANCEL

รูปที่ 4.8 หน้าต่างตั้งค่า IP การเชื่อมต่อ

บทที่ 5

บทสรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากการดำเนินการในเรื่องระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการประกอบโครงเหล็กภายนอกในสายการผลิตผู้เขียนสามารถสรุปได้ว่า โปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ KUKA 20-3 สามารถเคลื่อนที่ตามตำแหน่งและกริปเปอร์มีขั้นตอนการทำงานที่ถูกต้อง หลังจากการทดสอบรอบแรกและหาค่าชดเชยที่เหมาะสมของโครงเหล็กด้านนอกของผู้เขียนที่ความกว้าง 600 , 609 ,615 628 และ 700 มิลลิเมตร ผลการทดลองคือที่ความกว้าง 600 มิลลิเมตร มีอัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงาน 0 เปอร์เซ็นต์ ที่ความกว้าง 609 มิลลิเมตร มีอัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงาน 0 เปอร์เซ็นต์ ที่ความกว้าง 615 มิลลิเมตร มีอัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงาน 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ความกว้าง 628 มิลลิเมตร มีอัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงาน 10 เปอร์เซ็นต์ และที่ความกว้าง 700 มิลลิเมตร มีอัตราการปฏิเสธผิดพลาดของการใส่ชิ้นงาน 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเซอร์โวมอเตอร์ทำงานตามความกว้างของแต่ละโมเดลได้อย่างถูกต้องและทันต่อการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โปรแกรม LabVIEW แสดงสถานะการทำงานของหุ่นยนต์ รวมถึงการตั้งค่าการเคลื่อนที่ ส่งค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่ไปยังโปรแกรม WorkVisual 4.0 และสามารถรับโมเดลที่ส่งมาจากสายการผลิตได้ จากผลการทดลองยืนยันว่าระบบควบคุมหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานตามฟังก์ชันต่าง ๆ ได้อย่างต่อเนื่องตามความต้องการของผู้ใช้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 เนื่องจากการควบคุมหุ่นยนต์ การใช้ซอฟต์แวร์ Workvisual 4.0 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ของ Festo และการใช้ซอฟต์แวร์ Festo Configuration Tool (FCT) ไม่มีการสอนอยู่ในหลักสูตรจึงจำเป็นต้องศึกษา หาข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตและหนังสือคู่มือการทำงานของโปรแกรมเป็นระยะเวลา

5.2.2 ปัญหาสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น ตำแหน่งของโต๊ะและตำแหน่งลำเลียงชิ้นงานต้องเป็นตำแหน่งเดิม หากตำแหน่งไม่คงที่ทำให้เกิดผลการทดลองที่มีความผิดพลาดขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ปรับปรุงซอฟต์แวร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.3.2 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่สามารถลดขั้นตอนการทำงาน เพื่อลดเวลาการทำงาน

5.3.3 ปรับปรุงวิธีการปิดช่องว่างที่มุมโครงเหล็กภายนอกให้มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] หุ่นยนต์อุตสาหกรรม. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.applicadthai.com/>. (2 สิงหาคม 2562)
- [2] หุ่นยนต์อุตสาหกรรม. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.mmthailand.com/>. (2 สิงหาคม 2562)
- [3] LabVIEW. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://keil-cvi.com/labview/>. (6 สิงหาคม 2562)
- [4] เบญจมาศ พนมรัตน์รักษ์ , วิจักขณ์ พรสุขวิฑูร และ จตุรพัฒน์ ภัควินิตย์. การทดสอบจลนศาสตร์แบบไปข้างหน้าและจลนศาสตร์แบบผกผันของหุ่นยนต์แขนกล 6 แกน (Staubli RX90). [ฉบับอิเล็กทรอนิกส์]. จลนศาสตร์แบบไปข้างหน้าและจลนศาสตร์แบบผกผัน, หน้า 5
- [5] ชานนท์ ลมลอย, สิทธิพงษ์ รอดมาลัย และ วีรวุฒิ มะสิงห์. ชุดจำลองแขนกลอุตสาหกรรม. [ฉบับอิเล็กทรอนิกส์]. หุ่นยนต์, หน้า 18 และ ทฤษฎีจลนศาสตร์ของหุ่นยนต์, หน้า 22
- [6] เอกสารประกอบการบรรยาย. KUKA System Software. [ฉบับอิเล็กทรอนิกส์]. Operating and Programming Instruction for System Integrators, บริษัท ไทยซัมซุงอิเลคโทรนิคส์ จำกัด
- [7] เอกสารประกอบการบรรยาย. KUKA System Variable. [ฉบับอิเล็กทรอนิกส์]. System Variable, บริษัท ไทยซัมซุงอิเลคโทรนิคส์ จำกัด
- [8] เอกสารประกอบการบรรยาย. KUKA System Technology. [ฉบับอิเล็กทรอนิกส์]. WorkVisual 4.0 , บริษัท ไทยซัมซุงอิเลคโทรนิคส์ จำกัด
- [9] เอกสารประกอบการบรรยาย. Controller Option. [ฉบับอิเล็กทรอนิกส์]. External Cabling For KR C4 Robot Controllers Assembly and Operating Instructions, บริษัท ไทยซัมซุงอิเลคโทรนิคส์ จำกัด
- [10] KUKA Robot KR 20-3 . [ออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.robots.com/robots/kuka-kr-20-3/>. (5 สิงหาคม 2562)
- [11] Festo Description Motor controller และ FHPP for Motor controller . [ออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.festo.com/net/lv_lv/SupportPortal/. (5 สิงหาคม 2562)